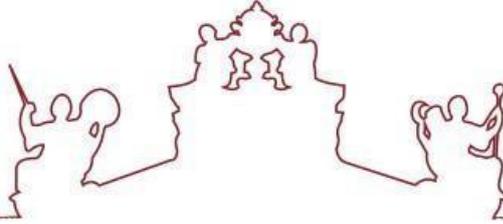




INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



Universidade de Évora – Escola de Ciências e Tecnologia

Universidade de Lisboa – Instituto Superior de Agronomia

Mestrado em Gestão e Conservação de Recursos Naturais

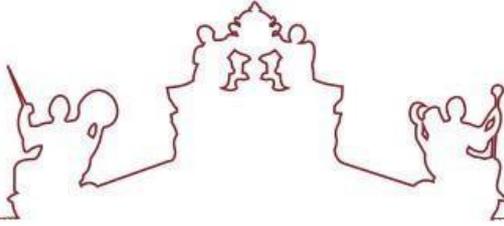
Dissertação

Estudo do Comportamento Migratório da Truta (*Salmo trutta* L.) no Limite Sul de Sua Distribuição

Renan Siqueira Leite de Andrade

Orientador(es) | Dr. Carlos Manuel Engeitado Alexandre
Prof. Dr. Pedro R. Almeida

Évora 2020



Universidade de Évora – Escola de Ciências e Tecnologia

Universidade de Lisboa – Instituto Superior de Agronomia

Mestrado em Gestão e Conservação de Recursos Naturais

Dissertação

Estudo do Comportamento Migratório da Truta (*Salmo trutta* L.) no Limite Sul de Sua Distribuição

Renan Siqueira Leite de Andrade

Orientador(es) | Dr. Carlos Manuel Engeitado Alexandre

Prof. Dr. Pedro R. Almeida

Évora 2020

Agradecimentos

Desde já um especial agradecimento ao meu coorientador, Professor Doutor Pedro Raposo de Almeida, pelo voto de confiança, pela oportunidade que me foi dada, e toda a ajuda e ensinamentos prestados ao longo da sua realização.

Um agradecimento mais que especial ao Doutor Carlos Manuel Alexandre, pelo suporte e incansável orientação nesta dissertação, e por todos os conhecimentos e ensinamentos transmitidos durante a realização da mesma.

Ao Roberto Oliveira, à Esmeralda Pereira, à Filipa Belo e a Sara Silva, assim como toda a equipa do MARE, queria agradecer por toda a ajuda prestada, tanto nas contagens do censo visuais, bem como no tratamento e análise dos dados.

Um agradecimento muito importante também ao MARE - Centro de Ciências do Mar e do Ambiente, e ao seu Diretor, o Professor Doutor João Carlos Marques, pelo acolhimento e disponibilização de todos os meios necessários à realização deste trabalho.

Ao Engenheiro Carlos Batista, aos Operadores do Açude-Ponte de Coimbra e à Agência Portuguesa do Ambiente.

A minha família, em especial meus pais, Kátia e Carlos, por sempre me apoiarem e incentivarem, mesmo a distância. Pelos ensinamentos, carinho e exemplo de seres humanos.

A minha namorada, Victoria, também pelo seu apoio, pelos puxões de orelha quando necessário e, pela incansável compreensão ao longo do período de elaboração deste trabalho.

Ao excelente contínuo trabalho na monitorização da PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra.

Para terminar, salienta-se que esta dissertação de mestrado foi desenvolvida no âmbito do projeto AN@DROMOS.PT – “Peixes Anádomos Plano Operacional de Monitoramento e Gerenciamento em Portugal” (01.03.02 – FEAMP – 0002), tendo como entidade promotora a Universidade de Évora, em parceria com o MARE – Centro de Ciência do Mar e do Ambiente (MARE- UÉ).

Resumo

A região central de Portugal representa o limite sul da distribuição dos dois ecótipos de *Salmo trutta* L, o residente (i.e., truta-de-rio) e o anádromo (i.e., truta-marisca). Para além dos constrangimentos a uma escala mais global que as espécies de peixes experienciam, como o aquecimento global, os rios dessa região estão severamente fragmentados pela presença de grandes barragens e pequeno-médios açudes, construídos maioritariamente para a produção de eletricidade e recolha de água para uso doméstico, industrial e para a agricultura. Esforços direcionados ao aumento do conhecimento sobre a truta em resposta às pressões antropogênicas e pela mitigação da fragmentação do habitat existente, têm sido constantemente desenvolvidos nos últimos 8-10 anos no Rio Mondego. Considerado um dos mais importantes rios em Portugal para peixes migradores, uma passagem para peixes de fendas verticais (i.e., 125 metros de comprimento, 23 bacias) foi construída em 2011 no Açude-Ponte de Coimbra e monitorização contínua vem sendo realizada desde 2013 com recurso a censos visuais. Os dados de contagem sobre a truta revelaram que entre 2013 e 2017 mais de 300 trutas utilizaram com sucesso a passagem durante a sua migração para montante. Nos anos estudados, os meses com maior contagem de trutas foram maio (21,1%), junho (52,7%) e julho (14,3%). O padrão circadiano dos movimentos para montante revelou que as trutas migraram pela passagem maioritariamente ao amanhecer e no final do dia. O tamanho das trutas utilizando a passagem com sucesso foi dependente do mês, pois as maiores trutas (CT>300 mm) tendem a usar a passagem mais cedo (em maio), seguida daquelas de menores dimensões (CT<300 mm), que tendem a utilizar a passagem mais tarde na época de migração (julho). Modelos exploratórios revelaram que fatores ambientais como o fotoperíodo e o período do dia, estão significativamente influenciando o uso da passagem para peixes pelas trutas durante todos os anos de estudo.

Palavras-chave: *Salmo trutta*; Peixes migradores; Passagens de fendas verticais; censos visuais; eficácia de passagem para peixes; Padrão circadiano; análise GLM.

Abstract

Study of Migration Behavior of Trout (*Salmo trutta* L.) in the Southern Limit of its Distribution

The central region of Portugal represents the southern limit of the distribution of both ecotypes of *Salmo trutta* L, the resident (i.e., brown trout) and anadromous (i.e., sea trout). Besides the constraints, such as global warming, that the species experiences, rivers in this region are severely fragmented by the presence of large dams and small-to-medium weirs, built mainly for hydroelectricity production and water abstraction for domestic, industrial and agriculture uses. Efforts towards an increase in the knowledge of trout responses to anthropogenic pressures and for the mitigation of existent habitat fragmentation have been consistently developed for the last 8-10 years in Mondego River. Considered one of the most important rivers in Portugal for migratory fish, a vertical-slot fishway (i.e., 125 meters long, 23 pools) was built in 2011 at the Coimbra dam and monitoring is continuously being conducted since 2013 using visual census. Count data on trout revealed that between 2013 and 2017 more than 300 trouts have successfully used this fish pass during their upstream migration. In the studied years, the months with the highest trout count were May (21.1%), June (52.7%) and July (14.3%). Circadian pattern of upstream movement revealed that trouts migrate through the fish pass mostly in the morning and at the end of the day. Size of trout successfully using the fish pass was month dependent, as larger trouts (CT>300mm) tend to use the fish pass earlier (in May), followed by those with smaller dimensions (CT<300 mm), that tend to use the fish pass later on the migration season (July). Explanatory models revealed that different environmental factors, such as photoperiod and day period, are significantly influencing fish pass use by trout in all the studied years.

Key-words: *Salmo trutta*; migratory fish; vertical-slot fish pass; visual census; fish pass effectiveness; Circadian pattern; GLM analysis

Índice

1 – Introdução	13
1.1 - Enquadramento teórico.....	13
1.2 – A truta (<i>Salmo trutta</i> L.).....	14
1.2.1 – Distribuição	14
1.2.2– Ciclo de vida.....	16
1.3 - Principais pressões	17
1.3.1- Poluição aquática.....	18
1.3.2 – Alterações de habitat	19
1.3.3 - Alterações Climáticas	20
1.3.4 - Quebra conectividade longitudinal.....	21
1.4 – Dispositivo de Passagem para peixes - PPpeixes	21
1.5 – Objetivos	24
2 - Metodologia	25
2.1 - Área de estudo	25
2.2 – Balanço dos anos Hidrológicos 2013 – 2017.....	30
2.3– Censos visuais.....	31
2.4 – Análises de dados	33
2.4.1 - Distribuição da truta por mês.....	35
2.4.2 - Análise de passagem acumulada e percentis.....	35
2.4.3 – Análise dimensional	36
2.4.4 – Análise Circadiana	36
2.4.5 – Modelo explicativo-preditivo.....	37
3 - Resultados	39
3.1 - Contagens	39
3.2 – Análises de passagem acumuladas e percentis.....	43
3.3 - Contagens (N) associadas ao pico de migração	46
3.4- Estudo do comportamento dos indivíduos.....	49

3.5 - Distribuição circadiana	59
3.6 – Modelos explicativos-preditivos.....	65
3.6.1 - Análise de correlações	65
3.6.2- Interação de fatores abióticos com a atividade migratória	67
4 - Discussão	74
4.1 – Época de migração	74
4.2 – Classes dimensionais	75
4.3 – Fatores abióticos relacionados com a migração da <i>Salmo trutta</i> L.	77
4.4 – Ritmo circadiano da <i>SALMO TRUTTA</i> L. na PPPeixes de Coimbra	78
4.5 – Gestão e Conservação dos recursos naturais	79
5- Referências Bibliográficas	81

Índice de Figuras

Figura 1 - Distribuição global da <i>Salmo trutta</i> L.. Coloração verde sendo nativa e, coloração vermelha não indígena.....	21
Figura 2 - Distribuição da truta (<i>Salmo trutta</i> L.) ao longo das bacias hidrográficas nacionais. ...	21
Figura 3 - Ciclo de vida da truta (<i>Salmo trutta</i> L.).	22
Figura 4 - Esquema de Passagem Para Peixes tradicionais a) PPPeixes de bacias sucessivas e fendas verticais,b) PPPeixes de bacias sucessivas com orifícios submersos e descarregadores de superfície.	27
Figura 5 - Vista a jusante do Açude-Ponte de Coimbra ilustrando a presença das nove comportas associadas a esta infraestrutura.	30
Figura 6 – Imagem da Passagem Para Peixes de bacias sucessivas e fendas verticais presente no Açude- Ponte de Coimbra.	31
Figura 7 - Imagem de satélite do Açude-Ponte de Coimbra ilustrando, a jusante o canal de atração (1), a entrada da PPPeixes (2), as bacias sucessivas (3) e, a saída da PPPeixes junto à infraestrutura de apoio à monitorização biológica e hidráulica.....	31
Figura 8 - Ilustração do edifício para monitorização biológica.....	32
Figura 9 – Interior da estação de monitorização da PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra. À esquerda a janela vertical para visitantes e à direita a janela vertical para a monitorização biológica.....	32
Figura 10 – Monitor (Modelo AgNeovo) e disco externo (dispositivo para backup).....	33
Figura 11 – Câmera para captação da ictiofauna com sistema de LED incorporado.....	33
Figura 12 – Exemplos de indivíduos da espécie <i>Salmo trutta</i> L., utilizando o dispositivo de passagem para peixes no Açude-Ponte de Coimbra em diferentes meses do ano.....	35
Figura 13 – Contagem do número de trutas registadas a utilizar a PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra, nos sentidos montante e jusante, para 2013.	43
Figura 14 - Contagem do número de trutas registadas a utilizar a PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra, nos sentidos montante e jusante, para 2014.	43
Figura 15 - Contagem do número de trutas registadas a utilizar a PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra, nos sentidos montante e jusante, para 2015.	44
Figura 16 - Contagem do número de trutas registadas a utilizar a PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra, nos sentidos montante e jusante, para 2016.	44
Figura 17 - Contagem do número de trutas registadas a utilizar a PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra, nos sentidos montante e jusante, para 2017.	45

Figura 18 - Contagem do número de trutas registadas a utilizar a PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra, nos sentidos montante e jusante, para todos os anos do estudo (2013-2017).	45
Figura 19 – Distribuição diária das passagens para montante da truta na PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra para o ano de 2013. A linha vermelha representa o percentil 90 e a linha verde o percentil de 10. A linha azul indica a percentagem de acumulação. Barras cinzentas indicam os movimentos diários realizados pela espécie-alvo.	46
Figura 20 - Distribuição diária das passagens para montante da truta na PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra para o ano de 2014. A linha vermelha representa o percentil 90 e a linha verde o percentil de 10. A linha azul indica a percentagem de acumulação. Barras cinzentas indicam os movimentos diários realizados pela espécie-alvo.	47
Figura 21 - Distribuição diária das passagens para montante da truta na PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra para o ano de 2015. A linha vermelha representa o percentil 90 e a linha verde o percentil de 10. A linha azul indica a percentagem de acumulação. Barras cinzentas indicam os movimentos diários realizados pela espécie-alvo.	47
Figura 22 - Distribuição diária das passagens para montante da truta na PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra para o ano de 2016. A linha vermelha representa o percentil 90 e a linha verde o percentil de 10. A linha azul indica a percentagem de acumulação. Barras cinzentas indicam os movimentos diários realizados pela espécie-alvo.	48
Figura 23 - Distribuição diária das passagens para montante da truta na PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra para o ano de 2017. A linha vermelha representa o percentil 90 e a linha verde o percentil de 10. A linha azul indica a percentagem de acumulação. Barras cinzentas indicam os movimentos diários realizados pela espécie-alvo.	48
Figura 24 - Contagens da espécie-alvo em relação a sua movimentação tanto para montante, como para jusante na PPPeixes de Coimbra, durante o respetivo pico de migração no ano de 2013.....	49
Figura 25 - Contagens da espécie-alvo em relação a sua movimentação tanto para montante, como para jusante na PPPeixes de Coimbra, durante o respetivo pico de migração no ano de 2014.	49
Figura 26 - Contagens da espécie-alvo em relação a sua movimentação tanto para montante, como para jusante na PPPeixes de Coimbra, durante o respetivo pico de migração no ano de 2015.....	50
Figura 27 - Contagens da espécie-alvo em relação a sua movimentação tanto para montante, como para jusante na PPPeixes de Coimbra, durante o respetivo pico de migração no ano de 2016.	50

Figura 28 - Contagens da espécie-alvo em relação a sua movimentação tanto para montante, comopara jusante na PPPeixes de Coimbra, durante o respetivo pico de migração no ano de 2017.	51
Figura 29 - Distribuição por classes dimensionais das trutas registadas a utilizar a PPPeixes durante o pico da migração (maio-julho) de 2013.	52
Figura 30 – Distribuição por classes dimensionais das trutas registadas a utilizar a PPPeixes durante o pico da migração (maio-julho) de 2014	53
Figura 31 – Distribuição por classes dimensionais das trutas registadas a utilizar a PPPeixes durante o pico da migração (Maio-Julho) de 2015.....	54
Figura 32 - Distribuição por classes dimensionais das trutas registadas a utilizar a PPPeixes durante o pico da migração (maio-julho) de 2016.	56
Figura 33 - Distribuição por classes dimensionais das trutas registadas a utilizar a PPPeixes durante o pico da migração (maio-julho) de 2017	57
Figura 34 - Distribuição por classes dimensionais das trutas registadas a utilizar a PPPeixes durante o pico da migração (Maio-Julho) referente aos 5 anos do estudo (2013 – 2017).	58
Figura 35 - Gráfico circular do padrão circadiano das tranposições para montante da espécie-alvo (i.e. <i>Salmo trutta</i> L.) no dispositivo da passagem para peixes do Açude-Ponte de Coimbra para o ano de 2013 (maio-julho), incluindo a representação gráfica do número médio de trutas observadas por cada hora.....	60
Figura 36 - Gráfico circular do padrão circadiano das tranposições para montante da espécie-alvo (i.e. <i>Salmo trutta</i> L.) no dispositivo da passagem para peixes do Açude-Ponte de Coimbra para o ano de 2014 (maio-julho), incluindo a representação gráfica do número médio de trutas observadas para cada hora.....	61
Figura 37 - Gráfico circular do padrão circadiano das tranposições para montante da espécie-alvo (i.e. <i>Salmo trutta</i> L.) no dispositivo da passagem para peixes do Açude-Ponte de Coimbra para o ano de 2015 (maio-julho), incluindo a representação gráfica do número médio de trutas observadas para cada hora.....	62
Figura 38 - Gráfico circular do padrão circadiano das tranposições para montante da espécie-alvo (i.e. <i>Salmo trutta</i> L.) no dispositivo da passagem para peixes do Açude-Ponte de Coimbra para o ano de 2016 (maio-julho), incluindo a representação gráfica do número médio de trutas observadas para cada hora.....	63
Figura 39 - Gráfico circular do padrão circadiano das tranposições para montante da espécie-alvo (i.e. <i>Salmo trutta</i> L.) no dispositivo da passagem para peixes do Açude-Ponte de Coimbra para o ano de 2017 (maio-julho), incluindo a representação gráfica do número médio de trutas observadas para cada hora.....	64

Figura 40 – Gráfico circular do padrão circadiano das tranposições para montante da espécie-alvo (i.e. *Salmo trutta* L.) no dispositivo da passagem para peixes do Açude-Ponte de Coimbra para os anos de 2013 - 2017 (maio-julho), incluindo a representação gráfica do número médio de trutas observadas para cada hora..... **65**

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Precipitação mensal presente nos anos hidrológicos 2011-2012, 2014-2015, 2015-2016, 2016-2017.....	34
Tabela 2 - Fatores abióticos utilizados no presente estudo.....	37
Tabela 3 – Contagens das trutas que utilizaram o dispositivo de passagem para peixes (PPPeixes) do Açude-Ponte de Coimbra nos sentidos montante, jusante e o respetivo saldo final para montante, entre os anos de 2013-2017	42
Tabela 4 - Resumo dos testes a posteriori, baseados numa análise de independência de Fisher complementada com uma correção de Bonferroni, para averiguar a existência de diferenças em termos dimensionais para os meses de maior utilização da truta do dispositivo de PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra	52
Tabela 5 -Resumo dos testes a posteriori, baseados numa análise de independência de Fisher complementada com uma correção de Bonferroni, para averiguar a existência de diferenças em termos dimensionais para os meses de maior utilização da truta do dispositivo de PPPeixes do Açude- Ponte de Coimbra	54
Tabela 6 - Resumo dos testes a posteriori, baseados numa análise de independência de Fisher complementada com uma correção de Bonferroni, para averiguar a existência de diferenças em termos dimensionais para os meses de maior utilização da truta do dispositivo de PPPeixes do Açude- Ponte de Coimbra	55
Tabela 7 - Resumo dos testes a posteriori, baseados numa análise de independência de Fisher complementada com uma correção de Bonferroni, para averiguar a existência de diferenças em termos dimensionais para os meses de maior utilização da truta do dispositivo de PPPeixes do Açude- Ponte de Coimbra	56
Tabela 8 - Resumo dos testes a posteriori, baseados numa análise de independência de Fisher complementada com uma correção de Bonferroni, para averiguar a existência de diferenças em termos dimensionais para os meses de maior utilização da truta do dispositivo de PPPeixes do Açude- Ponte de Coimbra	57
Tabela 9 - Resumo dos testes a posteriori, baseados numa análise de independência de Fisher complementada com uma correção de Bonferroni, para averiguar a existência de diferenças em termos dimensionais para os meses de maior utilização da truta do dispositivo de PPPeixes do Açude- Ponte de Coimbra	59

Tabela 10 - Resultados da análise de correlação de Spearman entre os cinco preditores numéricos inicialmente selecionados para incluir nos modelos GLM para a truta no ano de 2013 a 2017. * indica as correções acima de 0,80, para as quais apenas uma das variáveis foi selecionada para as análises subsequentes	67
Tabela 11 - Escolha do modelo com maior influência na migração da truta para o ano de 2013, com os respectivos valores do AIC, as variáveis explicativas (preditores) e a percentagem de explicação total do modelo	69
Tabela 12 -Preditores que constituíram o modelo com maior efeito na migração da truta para o ano de 2013 e respectivos valores de coeficiente de regressão (Coef), Deviance Residual (Dev. Res.), valores de significância para cada variável	70
Tabela 13 – Escolha do modelo com maior influência na migração da truta para o ano de 2014, com os respectivos valores do AIC, as variáveis explicativas (preditores) e a porcentagem de explicação total do modelo	70
Tabela 14 - Preditores que constituíram o modelo com maior efeito na migração da truta para o ano de 2014 e respectivos valores de coeficiente de regressão (Coef), Deviance Residual (Dev. Res.), valores de significância para cada variável	71
Tabela 15 – Escolha do modelo com maior influência na migração da truta para o ano de 2015, com os respectivos valores do AIC, as variáveis explicativas (preditores) e a porcentagem de explicação total do modelo	72
Tabela 16 - Preditores que constituíram o modelo com maior efeito na migração da truta para o ano de 2015 e respectivos valores de coeficiente de regressão (Coef), Deviance Residual (Dev. Res.), valores de significância para cada variável	72
Tabela 17 - Escolha do modelo com maior influência na migração da truta para o ano de 2016, com os respectivos valores do AIC, as variáveis explicativas (preditores) e a porcentagem de explicação total do modelo	73
Tabela 18 - Preditores que constituíram o modelo com maior efeito na migração da truta para o ano de 2016 e respectivos valores de coeficiente de regressão (Coef), Deviance Residual (Dev. Res.), valores de significância para cada variável	73
Tabela 19 - Escolha do modelo com maior influência na migração da truta para o ano de 2017, com os respectivos valores do AIC, as variáveis explicativas (preditores) e a porcentagem de explicação total do modelo.	74
Tabela 20 – Preditores que constituíram o modelo com maior efeito na migração da truta para o ano de 2017 e respectivos valores de coeficiente de regressão (Coef), Deviance Residual (Dev. Res.), valores de significância para cada variável	74

1 – Introdução

1.1 - Enquadramento teórico

Com o aumento exponencial da população mundial nos últimos anos, a necessidade da utilização dos recursos naturais existentes tornou-se inevitável (WWAP, 2009). De forma a satisfazer tais necessidades, de entre os ecossistemas existentes, os rios são os que mais têm sofrido com as pressões antropogénicas (Jungwirth, 1998), sendo utilizados como fonte de água potável, transportes, energia, recreação, além da exploração de seus recursos piscícolas (Allan & Castillo, 2007).

Além disso, o aquecimento global tem originado períodos mais longos de secas e, conseqüentemente, a alta procura pela água tornou necessário o represamento e construção de infraestruturas hidráulicas como açudes e barragens a fim de satisfazer as necessidades humanas emergentes. (Branco, 2012). Embora este tipo de infraestrutura tenha seu lado positivo como a produção de energia, controle de cheias, facilitação de canais para navegação, auxílio na agricultura e, geração de empregos (WCD, 2000), acaba por agravar, ainda mais, os impactos ambientais através da criação de barreiras físicas, químicas e biológicas, alterando significativamente o habitat (Hayes, 2006; Allan & Castillo, 2007).

Tais infraestruturas estão diretamente ligadas à perda da conectividade longitudinal (Nilsson, 2005), sendo considerada a nível global, como a principal ameaça à conservação e proteção dos ecossistemas ribeirinhos. Geram fragmentação, alteram o fluxo tanto de água como o de nutrientes (Syvitski, 2005; Perkin, 2012). Logo, a ação humana tem vindo a causar alterações em todos os níveis do ecossistema aquático, tanto na abundância como na distribuição da biodiversidade aquática, gerando alteração do habitat e, conseqüentemente beneficiando espécies não nativas, com maior resiliência aos efeitos gerados (Alexandre & Almeida, 2010; Greathouse, 2013).

Diretamente ligada às espécies aquáticas migradoras, a perda de conectividade longitudinal acaba por prejudicar espécies que realizam migrações como parte de seu ciclo de vida, sendo exclusivamente em águas continentais (potamódromas), ou que transitem entre o meio marinho e dulciaquícola (diádromas). De acordo com a direção de sua migração reprodutora, estas espécies podem ser catádromas (dos rios para o mar) ou anádromas (deslocam-se do mar para os rios) (Hall, 2011).

Em termos gerais, a fauna piscícola, neste momento, sofre alterações de diversas formas, em diferentes âmbitos. Seja por introdução de espécies não-indígenas em ambientes

mais deteriorados, devido à sua maior capacidade de estabelecer-se, ou então, por alterações de habitat, tais como referidas anteriormente, além de, artificialização de cursos de água, sobrepesca, poluição doméstica, industrial entre outros (Geraldés, 1999).

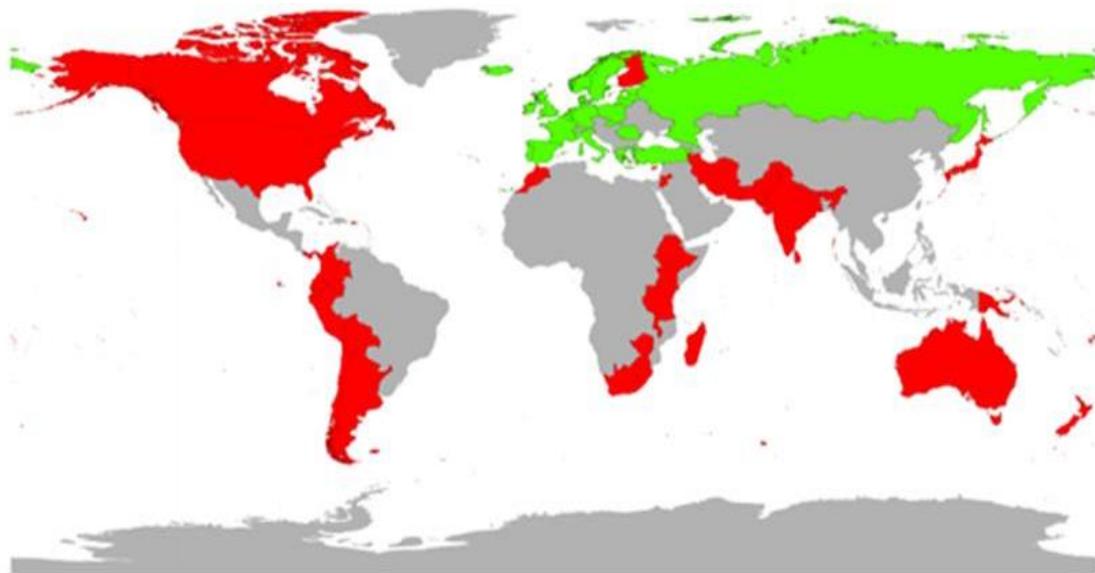
Embora todos os animais sejam dotados de mecanismos que permitam sua sobrevivência, os peixes, na presença de grandes variações do meio aquático podem sofrer alterações tanto fisiológicas como bioquímicas, comprometendo diretamente sua capacidade de sobrevivência, porém, algumas espécies são mais sensíveis que outras, sendo mais suscetíveis a esse tipo de modificação em seu habitat, como, por exemplo, a truta (*Salmo trutta* L.).

1.2 – A truta (*Salmo trutta* L.)

A espécie *Salmo trutta* L., em face de sua sensibilidade quanto à poluição, alteração do habitat e principalmente a quebra da conectividade longitudinal é uma espécie predominante nas cabeceiras dos rios, cujas águas são frias, correntes, límpidas e com uma boa oxigenação. Espécie também territorialista, pelágica e dinâmica. Para além disso, a truta possui em seu ciclo de vida, dois ecótipos diferentes, sendo um ecótipo residente (realiza migrações unicamente dentro do meio dulçaquícola), vulgarmente chamada de truta-de-rio e, seu ecótipo anádromo (realiza migrações entre o meio dulçaquícola e o meio marinho), a truta-marisca.

1.2.1 – Distribuição

Relativamente à sua distribuição, a truta-de-rio (*i.e.*, residente) inclui originalmente Europa e Islândia, a montanha do atlas em Norte de África, Anatólia, Líbano, além da bacia de drenagem do Mar de Aral. Já a truta marisca (*i.e.*, anádroma) forma migradora anádroma da espécie, não ocorre em toda essa faixa e não é encontrada ao sul da costa atlântica ou na bacia hidrográfica do mar Mediterrâneo, sendo mais comum na bacia de drenagem no Mar Báltico, com 650 populações estimadas (Dębowski P., 2018). Porém, como é sabida, a espécie foi introduzida ao redor do mundo, totalizando 24 países, tendo como exemplos populações já autossuficientes nas Américas do Sul e Norte, Nova Zelândia, Austrália, África, e também nas zonas de cabeceiras nos Himalaias (Belica, 2007), conforme mostra a Figura 1 apresentada de seguida.



Nativa ■ Exótica ■

Figura 1 - Distribuição global da *Salmo trutta* L.. Coloração verde sendo nativa e, coloração vermelha não indígena.

Fonte: Biodiversity Risk and Benefit Assessments, 2019

Em Portugal, os dois ecótipos estão presentes (i.e. residente e anádromo), ambos nativos, com sua distribuição nos rios Minho, Lima, Cávado, Douro, Vouga, Mondego e Tejo, inclusive.

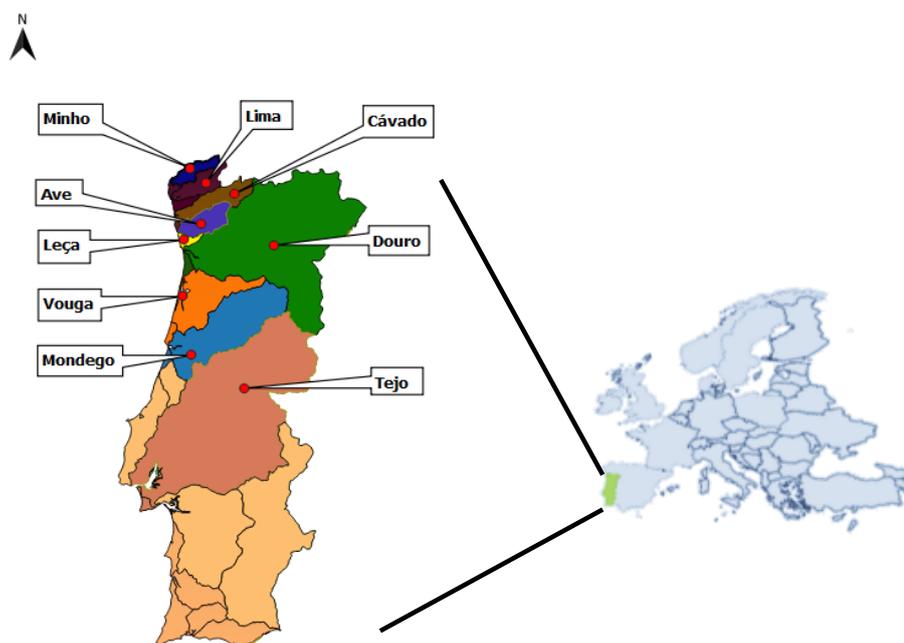


Figura 2 - Distribuição da truta (*Salmo trutta* L.) ao longo das bacias hidrográficas nacionais.

1.2.2– Ciclo de vida

A maturidade sexual do ecótipo residente da espécie-alvo deste estudo (*i.e. truta-de-rio*) ocorre nos primeiros dez anos, podendo ser iniciada logo no primeiro ano de vida. Esta maturidade tardia se dá, normalmente, em locais com temperaturas menos elevadas, tais como em lagos de montanha e/ou em rios do norte. Já em seu ecótipo anádromo (*i.e. truta marisca*), podem-se reproduzir logo após um ano no mar (Klemetsen *et. al.* 2003), conforme mostra a figura 3 a seguir.

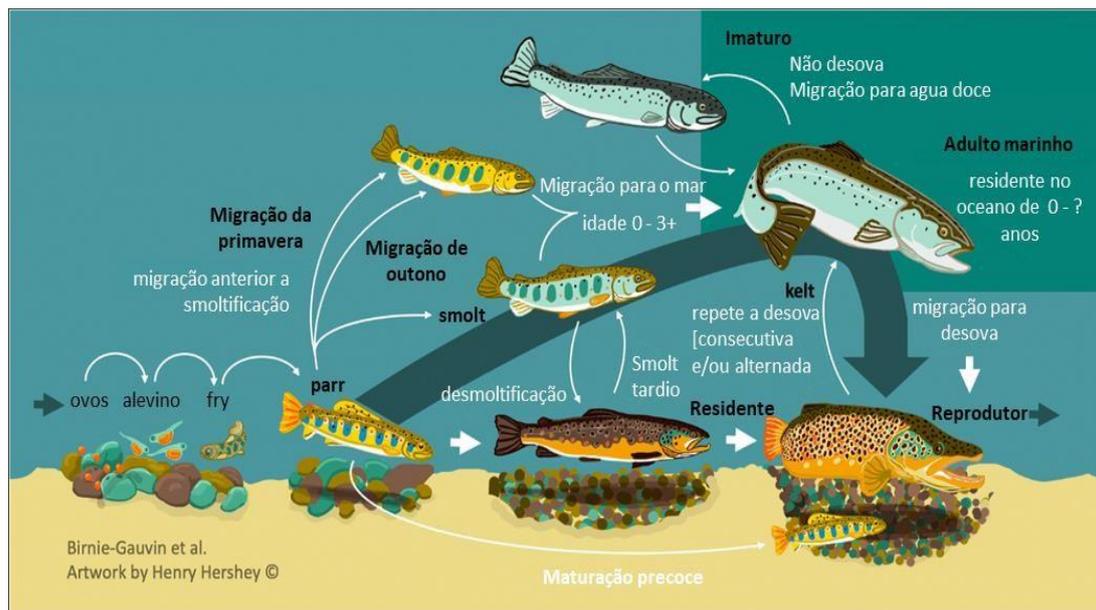


Figura 3 - Ciclo de vida da truta (*Salmo trutta* L.).

Segundo Klemetsen *et.al.* (2003), fatores ambientais, tais como a temperatura da água e o caudal, aparentemente induzem a migração das trutas, sendo ela para montante ou jusante. Por exemplo, no lago Leven na Escócia, a migração dos juvenis, vulgarmente conhecidos por “Frys”, para se alimentarem de plâncton, foi associada com o aumento das descargas de água causada pelo início do período de inundações. Enquanto que, o aumento da temperatura da água levou ao processo de migração para montante na primavera. Através de marcações com radiotransmissores na região de Ardenes, na Bélgica, foi demonstrado que, a combinação de altas variações da temperatura e do nível da água, durante dias consecutivos, desencadeou uma migração para montante. Bohlin *et. al.* (2001) realizou um estudo na costa sul da Suécia, com populações anádromas e residentes. Foi relatado que, em elevações inferiores (próximo ao mar), a densidade de juvenis, demonstrou-se maior para as populações que migram.

Porém, com o aumento da elevação (próximo às cabeceiras), a truta-de-rio (*i.e* residente) se sobressaiu em relação à truta-marisca, onde houve uma diminuição da densidade juvenil. Isso evidencia que, embora haja o custo da migração, barreiras intransponíveis, como quedas d'água, limitam a distribuição dos peixes residentes em troços mais interiores das bacias hidrográficas.

1.3. - Principais pressões

Conforme citado anteriormente, a truta é uma espécie sensível, com algumas exigências no que diz respeito à qualidade de seu habitat, além de, em ambos ecótipos da espécie, seja necessário realizar migrações, sejam elas potamódromas ou anádromas, para completar seu ciclo de vida. Tendo isso em conta a seguir são elencadas as principais pressões em Portugal no que diz respeito à espécie-alvo estudada.

1.3.1- Poluição aquática

A urbanização é um termo utilizado para o desenvolvimento humano de uma bacia hidrográfica, e com isso, acompanhado de estradas, edifícios, alterações no uso do solo, além de indústrias, causando um aumento de superfícies impermeáveis, a acumulação de substâncias tóxicas, e descargas de efluentes urbanos (Kemp & Spotila, 1997). Com a cada vez maior utilização dos recursos fluviais, a poluição aquática tem diretamente afetado as espécies piscícolas, principalmente aquelas que possuem maior suscetibilidade à perturbação de seu habitat, como é o caso da truta. A poluição despejada nos rios causa um aumento exponencial de matéria orgânica, criando valores excessivamente elevados e, conseqüentemente diminuindo drasticamente os níveis de oxigênio presentes no meio aquático afetado e, acabando por muitas vezes afastar animais como a truta, que dependem de uma boa qualidade da água com concentrações elevadas de oxigênio, como um dos fatores principais para sua sobrevivência.

De entre os efluentes de natureza orgânica, com inúmeras substâncias provenientes, podemos citar: i) esgotos urbanos; II) resíduos agrícolas; e iii) resíduos industriais. Com isso, muitas das vezes, as descargas podem causar impacto direto nas populações de invertebrados bentônicos e não menos importante, a diminuição da transparência das águas, afetando diretamente a ictiofauna. Conforme citado anteriormente, a truta é uma espécie visual, nesse sentido, com a falta de transparência das águas, acaba por afetar diretamente seu comportamento no momento de sua alimentação.

As zonas industriais e urbanas são fontes de poluição pontual, porém, devido à

impermeabilidade do solo, poderão também afetar a quantidade de água infiltrada.

Já as zonas agrícolas, são denominadas como fontes de poluição difusa (adubo, fertilizantes e pesticidas), contudo, se levarmos em consideração o tipo de cultivo, poderão diminuir a quantidade de água disponível por conta da rega. Em zonas florestais, muitas das vezes são responsáveis por alterar o solo quanto à sua capacidade de infiltração (Feio & Zara 2019).

Na bacia hidrográfica do rio Mondego, pode-se afirmar que, os maiores poluentes são as indústrias de papel, cerâmica e vidro e as indústrias associadas à produção de carne e, laticínios (Feio & Zara, 2019).

1.3.2 – Alterações de habitat

Como é sabido, o regime de caudais é dos fatores ambientais, aquele que mais causa influência em todo o ecossistema aquático (podendo alterar qualitativa ou quantitativamente o habitat) em termos da sua estrutura e do seu funcionamento. Além disso, com os caudais, há também a interação com diversos outros fatores, como fatores químicos, a própria matéria orgânica, o sedimento, fatores também relacionados com nutrientes, temperatura, luz e sombra (Arthington, 2012).

O Paradigma do Regime de Caudal Natural (Poff *et al.* 1997) citado por Oliveira (2018) diz que, os ecossistemas fluviais são altamente afetados em escalas temporais e espaciais pelo regime de caudal através da movimentação dos sedimentos e da própria água. Com isso, espécies maioritariamente ribeirinhas, necessitam do regime de caudal para que haja condições adversas de habitats, regulada pelo regime hidrológico, para se concretizar seu ciclo de vida (Oliveira 2018).

O grande problema é dado a partir da regularização destes caudais, ou seja, quando são implementadas infraestruturas tais como barragens e açudes, fazendo com que o regime natural seja modificado (Sparks, 1995), alterando toda a integridade ecológica dos ecossistemas fluviais, interrompendo assim, processos ecológicos dos ecossistemas envolventes (Alexandre, 2014).

A forma como a regularização de caudal provocada por barragens e açudes altera a quantidade e qualidade do habitat disponível, está diretamente relacionada com o modo de operação da infraestrutura em causa.

I. Barragens para controle de cheias ou derivação

Tem com função reter o caudal máximo, causando homogeneização da descarga nos troços a jusante e, diminuindo assim a variabilidade sazonal (Quintella *et. al.* 2014). Neste tipo de barragens, normalmente é libertado um caudal ecológico menor, porém de forma constante (exigido pelas autoridades legais) cumprindo com as características mínimas para que os efeitos ecológicos sejam menores relativamente às alterações causadas ao regime de caudal natural. Desta forma, um caudal com o mínimo de características necessárias é libertado para que os ecossistemas a jusante consigam manter seu funcionamento (Alexandre, 2014).

II. Barragens para irrigação e agricultura

Assim como a anterior tenta-se manter a cota máxima do caudal armazenada, mas, seu uso é direcionado para irrigação das culturas (Quintella *et. al.* 2014). Porém, diferente da barragem de derivação, esta, em casos extremos, pode ocasionar um regime de caudal reverso, ou seja, retendo e diminuindo os picos dos caudais durante a época de cheia, e através da libertação de água para o rio a jusante durante o Verão para uso agrícola, conseqüentemente acabar por atenuar a redução de caudal durante o período de estio. Este tipo de alteração dos regimes sazonais acaba por interferir em todo o funcionamento do ecossistema fluvial, podendo, por exemplo, favorecer o aparecimento de espécies não-indígenas e gerar competição e predação às espécies nativas (Quintella *et al.* 2014), como exemplo a truta, espécie-alvo deste estudo.

III. Barragens com aproveitamento hidroelétrico

Voltada diretamente para a produção de energia elétrica, neste tipo de barragem, o caudal é libertado em períodos curtos, porém intensos, consoante à necessidade do uso da energia, causando uma drástica alteração no caudal. Também conhecido como *hydropeaking*, pico do caudal turbinado, controlado diretamente pelas empresas fornecedoras de energia. A ictiofauna é um dos grupos mais suscetíveis, pois essas descargas abruptas podem reduzir e/ou fazer variar significativamente a quantidade e a qualidade do habitat disponível (Quintella *et. al.* 2014).

Contudo, a regularização do caudal pode afetar o desenvolvimento das espécies piscícolas, sua dispersão e a dinâmica populacional de espécies dulciaquícolas (Alexandre 2014), impactos sérios, alterando condições físicas, químicas e biológicas a jusante.

1.3.3 - Alterações Climáticas

Como se sabe, as alterações ao nível do clima, têm tido um avanço exponencial, gerando um aquecimento progressivo, com longos períodos de estiagem, e conseqüentemente a ocorrência de períodos de seca cada vez mais frequentes. E, somado à perda de habitat, seja ele em quantidade ou em qualidade, causa diretamente efeito em espécies piscícolas.

Conforme citado anteriormente, a truta (*i.e. Salmo trutta* L.) é uma espécie sensível a alterações de habitat, logo, o aumento global da temperatura acaba por afetar diretamente a espécie. Para, além disso, os longos períodos de estiagem e seca restringem sua distribuição, afinal, a truta tem por preferência ambiente com águas frias e correntes.

1.3.4 - Quebra conectividade longitudinal

A perda de conectividade longitudinal afeta diretamente espécies migradoras que, como mostrado anteriormente, necessitam de se movimentar ao longo dos cursos de água para realizarem suas funções, sejam elas de alimentação ou reprodução. Como exemplo a truta, onde em um de seus ecótipos (*i.e. anádromo*), necessita de realizar movimentos em o ambiente salgado e dulciaquícola. Em seu ecótipo residente (*i.e. truta-de-rio*), também é necessária a realização de movimentos, exclusivamente em meio dulciaquícola, para completar seu ciclo de vida.

A dimensão do obstáculo (barreira física), não está diretamente ligada ao impacto gerado, ou seja, mesmo quando há a presença de um pequeno obstáculo, a passagem da ictiofauna pode ser comprometida, dependendo das condições que se encontram no local, seja o volume do caudal, a velocidade e, principalmente a capacidade natatória da espécie (Porcher & Travade, 2002).

A diminuição da população presente, ou mesmo a extinção local de algumas espécies piscícolas, principalmente anádromas, nesse caso a truta-marisca (*i.e. Salmo trutta* L.), podem ser influenciadas não somente pelo bloqueio e atraso em sua migração, mas também, com a destruição de seu habitat para reprodução (Larinier, 2001). Para, além disso, é importante salientar que o custo energético à passagem destes obstáculos, o nível de predação mais elevado devido à acumulação de indivíduos próximo ao obstáculo e, a diminuição do caudal na época migratória poderá tornar o rio pouco atrativo à entrada das espécies piscícolas para sua reprodução, tendo em vista que, sua dinâmica diária, sazonal sofreu alteração (Larinier, 2001) e, também, a qualidade da água e temperatura (Mueller, 2011).

1.4 – Dispositivos de Passagem para peixes - PPPeixes

De forma a minimizar os efeitos causados pela fragmentação do habitat, permitindo a livre passagem da ictiofauna, e mantendo a conectividade longitudinal, como solução principal prevê-se a remoção de obstáculos quando possível. Caso não seja possível remover os obstáculos em causa devido ao facto dos mesmos terem um uso atual, então, a solução de minimização de problemas de conectividade longitudinal para os peixes, passa pela construção de dispositivos de transposição piscícola, vulgarmente designadas de passagens para peixes (Clay, 1995), com o objetivo de minimizar os efeitos causados pelo bloqueio das infraestruturas instaladas, permitindo assim, livre acesso às áreas de reprodução, alimentação e/ou refúgio (Porcher & Travade, 2002). Estas infraestruturas têm como princípio a atração e direcionamento da ictiofauna, a jusante do obstáculo, de forma que as espécies piscícolas migradoras possam encontrar e entrar no dispositivo de transposição e transpor com sucesso a barreira física (Laurinier & Marmulla, 2004).

No que diz respeito às passagens para peixes, podemos encontrar diferentes tipologias, sendo classificadas como técnicas (bacias sucessivas, denil, elevadores e eclusas), naturalizadas e especiais (Santos 2004). Quanto aos dispositivos de índole técnica (Figura 4) podemos identificar, em primeiro lugar, as passagens para peixes por bacias sucessivas, usualmente as mais utilizadas nos nossos cursos de água.

As bacias sucessivas consistem em dividir a altura total do desnível em pequenas bacias com níveis diferentes e desníveis menores, gerando assim áreas de descanso para a ictiofauna, além de dissipar a energia da água de forma equilibrada. De acordo com a forma que a água passa de uma bacia para outra, tais bacias podem ser de fendas verticais, orifícios de fundo ou então, descarregadores de superfície.

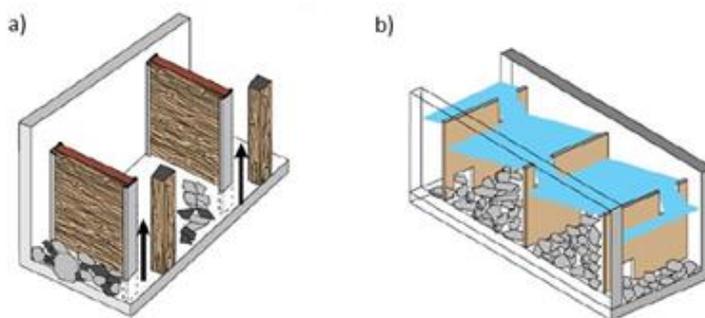


Figura 4 - Esquema de Passagem Para Peixes tradicionais a) PPPeixes de bacias sucessivas e fendas verticais, b) PPPeixes de bacias sucessivas com orifícios submersos e descarregadores de superfície.

Fonte: FAO/DVWK, 2002.

Dentre as opções apresentadas, a PPPeixes de bacias sucessivas é um dos modelos mais utilizados, tendo em vista a passagem de um grande número de indivíduos, bem como, espécies com diferentes capacidades natatórias.

Em Portugal, desde 1962 está regulamentada a construção de infraestruturas de passagem para peixes, a fim de, diminuir o efeito da quebra da conectividade longitudinal. Porém, como se sabe, muito destes dispositivos não foram avaliados adequadamente, dificultando a avaliação de sua eficácia e eficiência (Larinier & Marmulla, 2004; Santos, 2004).

1.4.1 - Monitorização de uma Passagem Para Peixes – PPPeixes

Os dispositivos de PPPeixes são estruturas cuja construção e manutenção envolve um elevado investimento, logo, torna-se necessário que seja comprovada sua eficácia e eficiência (Kroes, 2006), permitindo reunir informação técnica e biológica para o local de instalação e/ou para futuros projetos em que haja uma população-alvo com características ecológicas idênticas. Além disso, os dispositivos de PPPeixes auxiliam no conhecimento sobre as populações de espécies migradoras, sobretudo a nível do seu comportamento migratório e padrão de movimentos (Travade & Larinier, 2002).

Para que os resultados obtidos tenham uma abrangência e aplicabilidade maiores, não basta somente contabilizar os animais que utilizam estes dispositivos, faz-se necessário também a recolha de parâmetros abióticos, como a temperatura, turbidez, caudal, ciclo lunar, fotoperíodo, pluviosidade, entre outros, podendo assim, determinar a eficácia da PPPeixes, comparando resultados com o comportamento migratório de todas as espécies em questão (FAO/DVWK, 2002).

A recolha dos dados biológicos pode ser dividida de duas maneiras, seja por manipulação e captura dos peixes como exemplo armadilhas (interior da PPPeixes), bloqueio (redes na saída da PPPeixes) marcação (Radiotelemetria, PIT tags, etc), ou então, observação automático e/ou com um operador (contagens visuais através de janela vertical).

1.5 – Objetivos

O presente estudo tem como objetivo geral avaliar o comportamento migratório e o padrão de movimentos da *Salmo trutta* L. em um dispositivo de passagem para peixes por bacias sucessivas e fendas verticais. Nomeadamente a truta (*Salmo trutta* L.), espécie com características única em termos de ciclo de vida, grande capacidade natatória, porém sensível a qualquer perturbação causada, sendo a principal delas a quebra da condutividade longitudinal.

Para isso, o estudo foi dividido em três objetivos:

- I - Avaliar comportamento da truta durante sua transposição de um dispositivo de passagem para peixes por bacias sucessivas, de fendas verticais, recorrendo aos censos visuais;
- II - Caracterizar o padrão de movimentos e de utilização por parte da espécie alvo durante a transposição desde dispositivo;
- III- Relacionar os padrões observados com as variáveis ambientais, na área de estudo.

2 - Metodologia

2.1. Área de estudo

O rio Mondego, um dos maiores rios portugueses, tem origem na Serra da Estrela e desagua no Oceano Atlântico junto à Figueira da Foz. Possui uma extensão de 234 km, com sua bacia hidrográfica totalizando 6644 km² de área total e, quando considerado o sistema fluvial associado, acaba por ser tornar a segunda maior bacia hidrográfica inteiramente portuguesa.

Trata-se de um curso de água regularizado que teve início de sua intervenção hidráulica em 1972, com o intuito de controle de cheias e para a produção de eletricidade. No ano de 1981 foi concluída a construção do Açude-Ponte de Coimbra (Figura 5), com cerca de 6 metros de altura, e nove comportas. Localizado na zona centro de Portugal, em Coimbra (40°12' 56"N; 8° 26' 24" O, Datum WGS84), o açude foi criado com funções de garantir o mínimo necessário de água para as regas do Baixo Mondego, a derivação do caudal, a fim de, suprir as necessidades industriais e domésticas, além de, garantir um caudal ecológico mínimo de 4m³/s em seu Leito Central à jusante de Coimbra e, por fim, melhorar condições climatéricas, paisagísticas e desportivas.



Figura 5 - Vista a jusante do Açude-Ponte de Coimbra ilustrando a presença das nove comportas associadas a esta infraestrutura.

Além destas funções, o Açude-Ponte de Coimbra conta com uma Passagem Para Peixes (PPPeixes) construída em 2011, devido ao fato do dispositivo de transposição que existia previamente no local não cumprir com suas funções como a falta de atratividade e, desajustamento de suas condições hidráulicas (Santos, 2005).

A “nova” PPPeixes (ANEXO I), é do tipo de bacias sucessivas com fendas verticais (Figura 6) e, possui grande adaptabilidade às variações quanto ao nível da água seja a montante ou a jusante, além de tornar possível, dentro do canal, condições de velocidade e turbulência do escoamento adequado para as espécies-alvo.



Figura 6 – Imagem da Passagem Para Peixes de bacias sucessivas e fendas verticais presente no Açude-Ponte de Coimbra.

A PPPeixes de Coimbra conta com um canal de 125 metros de comprimento, dois metros de profundidade, e está subdividida em 23 bacias, sendo que cada bacia tem a dimensão de 3,00 m x 4,50 m, e as fendas 0,50 m de largura (Barbosa et al., 2004; Pereira et al., 2019).

De forma a complementar e assegurar à atração da fauna piscícola, a jusante do Açude-Ponte de Coimbra, na saída da PPPeixes se encontra um canal de atração com 200 m de comprimento (Figura 7), cujo caudal é de 1,50 m³/s.



Figura 7 - Imagem de satélite do Açude-Ponte de Coimbra ilustrando, a jusante o canal de atração (1), a entrada da PPPeixes (2), as bacias sucessivas (3) e, a saída da PPPeixes junto à infraestrutura de apoio à monitorização biológica e hidráulica

Para que tarefas como a manutenção e monitorização fossem realizadas, a montante foi instalada uma comporta permitindo que a PPPeixes fosse colocada a seco quando necessário. Tanto a monitorização hidráulica como a biológica, foi assegurada pela construção de uma estação de monitorização (Figura 8), composta por um edifício Localizado na zona final da PPPeixes.

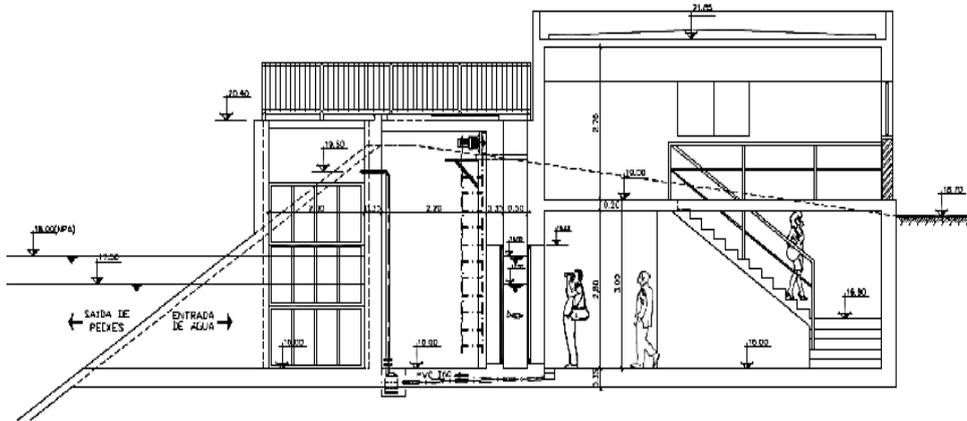


Figura 8 - Ilustração do edifício para monitorização biológica.

Devido às características únicas, esta estação permite que a monitorização biológica seja realizada recorrendo a censos visuais. Como parte disso, no final do dispositivo, há um estrangulamento do canal da PPPeixes para 0,5 m obrigando assim os animais a abrandarem neste local (porque a velocidade de corrente aumenta) e a dispersarem-se verticalmente ao longo da coluna de água, facilitando assim a sua visualização e contagem. A estação possui duas janelas verticais (Figura 9), sendo uma utilizada para visitantes e a outra diretamente ligada à monitorização biológica (i.e., 126,5 cm largura) da passagem, munida de um completo sistema de gravação de imagens.



Figura 9 – Interior da estação de monitorização da PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra. À esquerda a janela vertical para visitantes e à direita a janela vertical para a monitorização biológica.

O sistema de captação de imagens conta com um gravador de vídeo digital modelo Samsung SRD-470 (Figura 10), um monitor (Modelo AgNeovo) e, uma câmera com luz infravermelha de alta definição modelo Samsung SCO-2080R (Figura 11), podendo realizar filmagens e armazenar estes registros de forma contínua.



Figura 10 – Monitor (Modelo AgNeovo) e disco externo (dispositivo para backup).



Figura 11 – Câmera para captação da ictiofauna com sistema de LED incorporado.

2.2 – Balanço dos anos Hidrológicos 2013 – 2017

Conforme citado anteriormente (*subcapítulo 1.3*), as alterações climáticas vêm causando alterações significativas aos ecossistemas de modo geral. De forma a ilustrar isso, o balanço hidrológico para os anos estudados demonstraram tais consequências. O balanço hidrológico de uma bacia hidrográfica num dado intervalo de tempo avaliará seus “ganhos” e suas “perdas” de água que os processos hidrológicos e ações antropogênicas provocam nessa bacia nesse intervalo de tempo (Tabela 1).

Tabela 1 - Precipitação mensal presente nos anos hidrológicos de 2011-2012, 2014-2015, 2015-2016, 2016-2017

<u>Ano hidrológico</u>		Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abri.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.
2013-2014	P. Mensal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	P. Acumulada mensal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014-2015	P. Mensal	0	60	21,1	35,2	14,8	8,2	44,3	38,8	46,4	11,4	11,9	62,4
	P. Acumulada mensal	0	60	81,1	116,3	131,1	139,3	183,6	222,4	268,8	280,2	292,1	354,5
2015-2016	P. Mensal	147	55,9	42,2	200,2	102,5	46	107,3	73,8	6,3	13,9	7,2	14,8
	P. Acumulada mensal	147	202,9	245,1	445,3	547,8	593,8	701,1	774,9	781,2	795,1	802,3	817,1
2016-2017	P. Mensal	60,6	112,8	35,8	22,5	108,1	29,7	8,5	48,4	12,2	3,8	6	0,2
	P. Acumulada mensal	60,6	173,4	209,2	231,7	339,8	369,5	378	426,4	438,6	442,4	448,4	448,6

Precipitação mensal no ano hidrológico (mm)

Fonte: SNIRH, 2020

Conforme podemos nos aperceber, as informações relativamente à precipitação do ano hidrológico de 2013/2014 não foram encontradas, porém, segundo o Instituto Português do Mar e Atmosfera – IPMA o ano de 2013 foi considerado entre os 10 anos mais quentes desde 1850. No ano 2014, em Portugal a temperatura média do ar, bem como a precipitação foram caracterizadas por valores acima da média. O valor médio de precipitação total anual foi de 1098.2 mm, onde, este correspondendo a uma anomalia de +216.1 mm (em relação ao valor médio 1971-2000) , classificando 2014 como um ano muito chuvoso com uma percentagem de precipitação mais alta dos últimos 25 anos.

Ao contrário do ano anterior, 2015 foi extremamente seco e muito quente. O valor médio de precipitação total anual, 599.6 mm, sendo considerado muito inferior ao normal, correspondendo a uma anomalia de -282.5mm. Em 2016, o valor médio de precipitação total anual foi de 991.6 mm, sendo considerado superior ao valor normal (anomalia de +109.5 mm).

Já em 2017, o valor médio de precipitação total anual foi de 541.3 mm, correspondendo apenas a 60% do valor normal, e considerado como o 3º mais baixo desde 1931 e, segundo o índice meteorológico de seca PDSI, a situação de seca meteorológica iniciou-se que se iniciou em abril prolongou-se até ao final do ano.

2.3 – Censos visuais

Para o desenvolvimento do presente estudo, foram recolhidas informações através dos censos visuais (Figuras 12) para os anos de 2013 a 2017 sobre a truta, recorrendo às gravações dos vídeos disponíveis no centro de monitorização da PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra. Os censos visuais são uma técnica utilizada para monitorizações biológicas não invasivas, consistindo em uma contabilização contínua dos peixes, evitando assim possíveis alterações no comportamento dos animais causados pela captura e marcação. Para além da contabilização do número de trutas que passam pelo dispositivo da PPPeixes, os censos visuais também nos permitem analisar o comportamento e os respetivos padrões de migração da espécie-alvo, ao longo de um período inter-anual alargado.

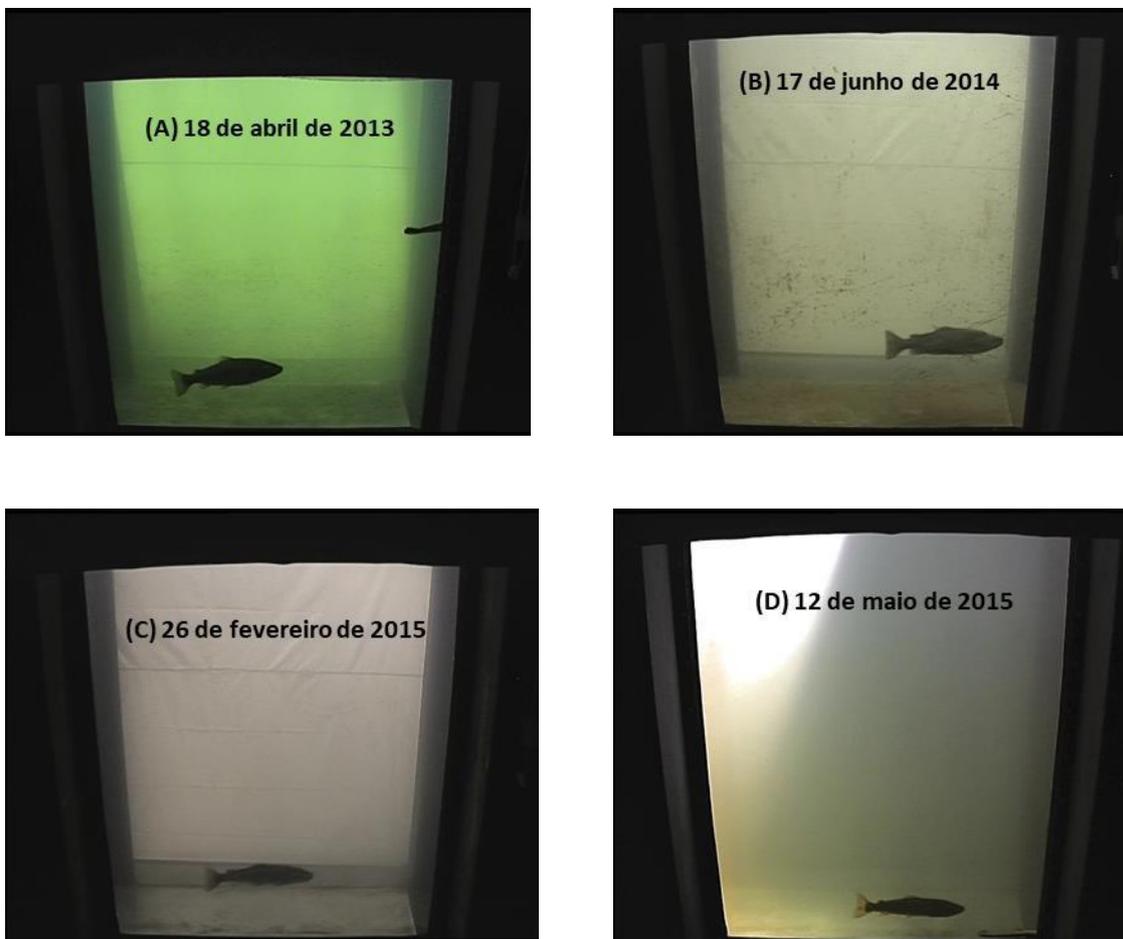


Figura 12 – Exemplos de indivíduos da espécie *Salmo trutta* L., utilizando o dispositivo de passagem para peixes no Açude-Ponte de Coimbra em diferentes meses do ano.

Em complemento com as informações adquiridas, através da janela vertical da PPPEixes, podemos estabelecer a dimensão dos animais que utilizaram o dispositivo através do cálculo:

$$\frac{Tv \times J}{Jv} = T$$

Sendo:

- Tv : Tamanho da Truta no vídeo;
- J = Tamanho real da janela (126,5 cm largura);
- Jv = Tamanho da janela onde o animal foi registado;
- T = Tamanho real do animal calculado.

A fim de saber o número exato de trutas que utilizaram o dispositivo da PPPEixes durante os anos estudados, foram contabilizados todos os animais através do censo visual, tanto para montante quanto para jusante. Como forma de simplificar as análises posteriores, os animais identificados através do censo visual foram divididos em intervalos de 1 hora, consoante a sua visualização.

2.4 – Análises de dados

Para o programa de monitorização da PPPEixes do Açude-Ponte, foi-se instalada uma sonda multiparamétrica (EXO2 Water Quality Sonde) a fim de se medir continuamente os parâmetros abióticos que à partida foram considerados como potenciais preditores da utilização do dispositivo de passagem para peixes realizado pela ictiofauna presente. Tal sonda, é munida de sensores de turbidez, temperatura, condutividade e salinidade, com uma autonomia de 3 meses, para um registo com intervalo de 30 minutos. A sonda está localizada na primeira bacia da PPPEixes, dentro de um tubo de PVC para uma fácil remoção quando necessário.

De forma complementar aos dados obtidos pela sonda, a APA (Agência Portuguesa do Ambiente), entidade responsável pela gestão do Açude-Ponte, forneceu dados relativos aos caudais (caudal efluente). Por fim, informações ambientais como ciclo lunar, comprimento do dia e crepúsculos foram adquiridas através do Observatório Astronômico de Lisboa.

A análise de dados se iniciou com a construção de uma matriz mensal para cada ano (*i.e.*, 2013-2017) que continha o número de indivíduos que passaram tanto para jusante como para montante com o momento exato de sua passagem.

Além disso, também possuía o Saldo, onde, este era calculado através dos movimentos para montante, subtraído os movimentos para jusante, contabilizando somente os animais que transpuseram o dispositivo da PPPeixes para montante, a fim de, diminuir a probabilidade de contabilizar animais de forma duplicada. Continha também informações sobre a dimensão dos animais, calculada através da fórmula citada no subcapítulo 2.3.

Conforme citado anteriormente (subcapítulo 1.4.2), para que os resultados obtidos quanto à análise e caracterização do padrão de migração da espécie alvo (*i.e.*, *Salmo trutta* L.) sejam mais representativos e tenham uma aplicabilidade maior, é necessário que, para além da contagem através dos censos visuais na PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra, se correlacione esse número de indivíduos que utilizaram o dispositivo, com os parâmetros abióticos. Fatores abióticos estão diretamente ligados com os movimentos migratórios das trutas, além de suas próprias alterações fisiológicas. Logo, o presente trabalho, como forma de prever a eficácia da utilização da PPPeixes por parte das mesmas, levou em consideração tais fatores (Tabela 2).

Tabela 2 - Fatores abióticos utilizados no presente estudo

<u>Variáveis</u>	<u>Código</u>	<u>Descrição</u>	<u>Fonte</u>
<u>Turbidez (FNU)</u>	“Turb”	Turbidez média horária do rio registrada a partir de 30 min de intervalo	Sonda multiparamétrica instalada na primeira bacia da PPPeixes
<u>Condutividade específica (µS/cm)</u>	“CondEsp”	Condutividade específica média da água do rio registrada a partir de 30 min de intervalo	Sonda multiparamétrica instalada na primeira bacia da PPPeixes
<u>Temperatura (°C)</u>	“temp”	Temperatura média horária da água do rio registrada a partir de 30 min de intervalo	Sonda multiparamétrica instalada na primeira bacia da PPPeixes

Tabela 2 (continuação) – Fatores abióticos utilizados no presente estudo

<u>Caudal (m³/s)</u>	“flow”	Caudal efluente total médio horário (caudal efluente médio horário + caudal efluente médio do canal da PPP).	Agência Portuguesa do Ambiente - APA
<u>Fotoperíodo</u>	“fotper”	Número de horas que equivalem ao comprimento do dia.	Observatório Astronômico de Lisboa
<u>Fases da Lua</u>	“moon”	Fases da Lua (Quarto Crescente “QC”, Quarto Minguante “QM”, Lua Cheia “LC” e Lua Nova “LN”).	Observatório Astronômico de Lisboa
<u>Período do dia</u>	“dayp”	Fase do dia segundo os crepúsculos (Raia da Aurora “RA”, Dia Claro “DC”, Escurecer “E”, Noite Fechada “NF”).	Observatório Astronômico de Lisboa

A fim de saber o número exato de trutas que utilizaram o dispositivo da PPPeixes durante os anos estudados, foram contabilizados todos os animais através do censo visual, tanto para montante quanto para jusante. Como forma de simplificar as análises posteriores, os animais identificados através do censo visual, foram divididos em intervalos de 1 hora, consoante a sua visualização.

2.4.1 - Distribuição da truta por mês

De forma a compreender o período preferencial de uso do dispositivo da PPPeixes por parte da espécie-alvo (*i.e.* *Salmo trutta* L.), após a contabilização dos animais durante os anos de estudo (*i.e.* 2013 – 2017), tornou-se possível a elaboração de gráficos que ilustravam sua época preferencial de migração, seja para cada ano do estudo, ou pelo total dos anos estudados.

Além disso, pode-se também comparar o número de animais que migraram para jusante em relação a montante.

2.4.2- Análise de passagem acumulada e percentis

A análise de passagem acumulada tende a ilustrar de forma mais clara o período preferencial de utilização do dispositivo da PPPEixes por parte da espécie-alvo. Nesse presente estudo, foram utilizados os percentis de 10 e 90. Logo, foi estabelecido um limite mínimo e máximo do período de utilização dos animais, eliminando assim contagens esporádicas da espécie-alvo. Neste caso, já foi contabilizado somente o Saldo Final de trutas, obtido da forma descrita anteriormente.

2.4.3 – Análise dimensional

Para que se pudesse observar qual é o comportamento da truta entre os meses de maior utilização do dispositivo e, avaliar o seu padrão de movimentos em termos de distribuição por classes dimensionais, os espécimes contabilizados (Saldo Final) foram divididos em seis classes de comprimento total, em cm:]14-20];]20-26];]26-32];]32-38];]38-44];]44-50], a fim de compreender como as classes dimensionais estão distribuídas entre os períodos selecionados.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste exato de independência de Fisher, de modo a avaliar se a distribuição por classes dimensionais das trutas que usam com sucesso a passagem é dependente ou não do mês. À posteriori realizou-se uma análise para cada par entre os diferentes níveis do fator mês, para cada ano considerado no estudo realizado, recorrendo ao método de correção de Bonferroni.

A correção de Bonferroni consiste em realizar comparações múltiplas, sendo utilizado para controlar e ter em conta o aumento da probabilidade global do Erro do Tipo I, diminuindo o intervalo de confiança global. No caso do presente estudo, para a comparação de três pares distintos, o valor de p deverá ser menor que $\frac{0,05}{3}$ para ser significativo no nível do $p < 0,05$ permitindo verificar em quais meses houve diferenças significativas em termos de distribuição por classes dimensionais.

2.4.4– Análise Circadiana

Para as trutas que utilizaram o dispositivo da PPPEixes em seu período preferencial de migração entre os anos de 2013 e 2017, foi feita uma análise circadiana da distribuição do número de indivíduos contabilizados (Saldo Final) pelas diferentes horas do dia. Sua utilização ao longo do dia na PPPEixes, foi realizada com recurso ao software R versão 3.6.2, para cada mês analisado e para a totalidade do período de estudo, utilizando a proporção de indivíduos da truta, relativamente ao seu número total que utilizou a PPPEixes, para cada intervalo de 1

hora. Tendo como objetivo principal a análise de seu padrão circadiano na PPPeixes, somente foi considerado o Saldo Final dos indivíduos que migraram para montante.

2.4.5 – Modelo explicativo-preditivo

Levando em consideração somente os meses de maior utilização do dispositivo da PPPeixes do Açude Ponte de Coimbra pelas trutas que migraram para montante, foi utilizado para os modelos, dados de contagens provindas dos censos visuais referentes à distribuição da truta ao longo do período de estudo definido pelas análises anteriores (subdividida por intervalos de 1 hora) para os anos de 2013 a 2017.

Preditores

Fatores abióticos estão diretamente ligados com os movimentos migratórios das trutas, além de suas próprias alterações fisiológicas. Logo, o presente trabalho, como forma de prever a eficácia da utilização da PPPeixes por parte das mesmas, levou em consideração tais fatores (*i.e.* Tabela 2).

Inicialmente, para evitar a inclusão de variáveis redundantes nos modelos que pretendiam elaborar, recorreu-se ao método de Correlação de Spearman, para avaliar a relação existente entre as variáveis ambientais numéricas consideradas. No caso da existência de correlações fortes entre duas ou mais variáveis ($r > 0,80$) apenas uma delas foi mantida para inclusão nas análises, tendo em conta a sua relevância ecológica.

Modelo Linear Generalizado

O modelo utilizado para analisar a relação entre a utilização das trutas no dispositivo de PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra e os fatores abióticos, foi o Modelo Linear Generalizado – *Generalized Linear Model* – GLM.

O GLM foi introduzido por Nelder e Wedderburn (1972) para auxiliar estudos relacionados com a ecologia. É composto de diferentes modelos, e munido de diversas ferramentas para efetuar diferentes análises não lineares entre a variável resposta (nesse caso o número de trutas que transpuseram o dispositivo da PPPeixes) e os preditores (Tabela2). De entre as distribuições que se pode ter em conta, de acordo com a tipologia dos nossos dados, paracriar e adequar o GLM, as distribuições mais comuns podem-se elencar: I) Distribuição Normal; II) Distribuição Binomial ou III) Distribuição Poisson. No caso do presente estudo, o tipo de modelo linear generalizado que melhor se encaixa para a forma de distribuição dos dados, foi o Modelo Poisson.

Previamente a realização de qualquer procedimento estatístico, foi compilada uma nova matriz de dados possuindo a variável resposta (Saldo Final) e os vários preditores ambientais considerados potencialmente explicativos. Como variável resposta utilizou-se o Saldo Final dos animais que utilizaram o dispositivo da PPPeixes. Como possíveis preditores foram selecionadas, após eliminação de variáveis redundantes, os seguintes parâmetros: período do dia, o fotoperíodo, a temperatura, o caudal e as fases da lua, turbidez e condutividade específica.

Com o objetivo de identificar a relação existente entre o padrão migratório da truta e as variáveis ambientais estudadas nos anos estabelecidos em questão (*i.e.* 2013 – 2017). O GLM realizado com recurso ao software R versão 3.6.2. Após a seleção dos fatores que estavam significativamente relacionados com o valor do Saldo, os preditores selecionados foram adicionados simultaneamente ao modelo estatístico, como forma de selecionar o modelo estatístico que melhor explicava a relação entre os preditores e a variável resposta, através do critério de seleção de AIC (Akaike's information Criterion), considerando-se o modelo estatístico com valor mais baixo de AIC como mais adequado (Symonds & Moussali, 2011). De forma a se aperceber a significância de cada preditor em relação a variável resposta, apresentada no modelo estatístico selecionado, foi posteriormente utilizada uma análise de variância – ANOVA, realizada com recurso software R versão 3.6.2.

3 - Resultados

3.1 Contagens

No total, conforme ilustra a Tabela 3, para o ano de 2013 foram contabilizadas 317 trutas, sendo 247 para montante e 70 para jusante, resultando em um saldo de 177 animais. Em 2014 foram contabilizadas 102 trutas, sendo 96 para montante e 6 para jusante, resultando em um saldo de 90 animais. No ano de 2015 foram contabilizadas 44 trutas, sendo 35 para montante e 9 para jusante, resultando em um saldo de 26 animais. Em 2016 foram contabilizados 109 trutas, sendo 99 para montante e 10 para jusante, resultando em um saldo de 89 trutas. Já para o ano de 2017 foram contabilizadas 62 trutas, sendo 58 para montante e 4 para jusante, resultando assim em um saldo final de 54 animais. A somatória de utilização da PPPeixes por parte da truta no final dos 5 anos foi de 634 trutas, sendo 535 para montante e 99 para jusante, com um saldo total final de 436 animais.

Tabela 3 – Contagens das trutas que utilizaram o dispositivo de passagem para peixes (PPPeixes) do Açude-Ponte de Coimbra nos sentidos montante, jusante e o respetivo saldo final para montante, entre os anos de 2013-2017

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	TOTAL
2013	M	1	3	0	8	20	188	14	0	0	0	6	7	247
	J	1	0	0	3	4	53	2	0	0	0	3	4	70
	Saldo	0	3	0	5	16	135	12	0	0	0	3	3	177
2014	M	2	1	2	1	33	19	31	1	3	0	3	0	96
	J	0	0	0	0	2	1	3	0	0	0	0	0	6
	Saldo	2	1	2	1	31	18	30	1	3	0	3	0	90
2015	M	0	1	0	8	15	7	2	0	0	0	0	2	35
	J	0	1	0	2	0	5	0	0	0	0	0	1	9
	Saldo	0	0	0	6	15	2	2	0	0	0	0	1	26
2016	M	0	0	0	1	0	7	89	1	0	0	1	0	99
	J	0	0	0	1	0	0	9	0	0	0	0	0	10
	Saldo	0	0	0	0	0	6	81	1	0	0	1	0	89
2017	M	1	0	1	18	25	3	7	3	0	0	0	0	58
	J	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	4
	Saldo	0	0	1	16	24	3	7	3	0	0	0	0	54
TOTAL		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	TOTAL
	M	4	5	3	36	93	224	143	5	3	0	10	9	535
	J	2	1	0	8	7	59	14	0	0	0	3	5	99
	Saldo	2	4	3	28	86	164	132	5	3	0	7	4	436

Como forma de ilustrar a tabela acima apresentada, foram elaborados gráficos de contagens mensais referentes a cada ano (2013 a 2017) e ao total dos 5 anos.

As figuras 13 a 18 abaixo ilustram a distribuição das trutas ao longo de cada ano do estudo. Tais resultados nos mostram uma quantidade superior de utilização do dispositivo da PPPEixes por parte da espécie-alvo nos meses de maio (15,77%), junho (44,63%) e julho (24,76%). Além disso, também é possível perceber do fato de que as trutas maioritariamente são registadas a migrar no sentido jusante-montante.

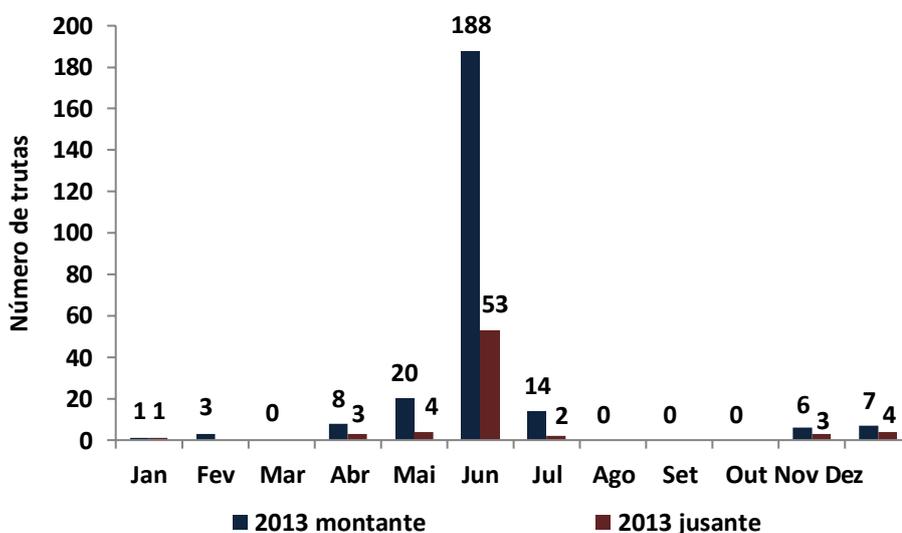


Figura 13 – Contagem do número de trutas registadas a utilizar a PPPEixes do Açude-Ponte de Coimbra, nos sentidos montante e jusante, para 2013.

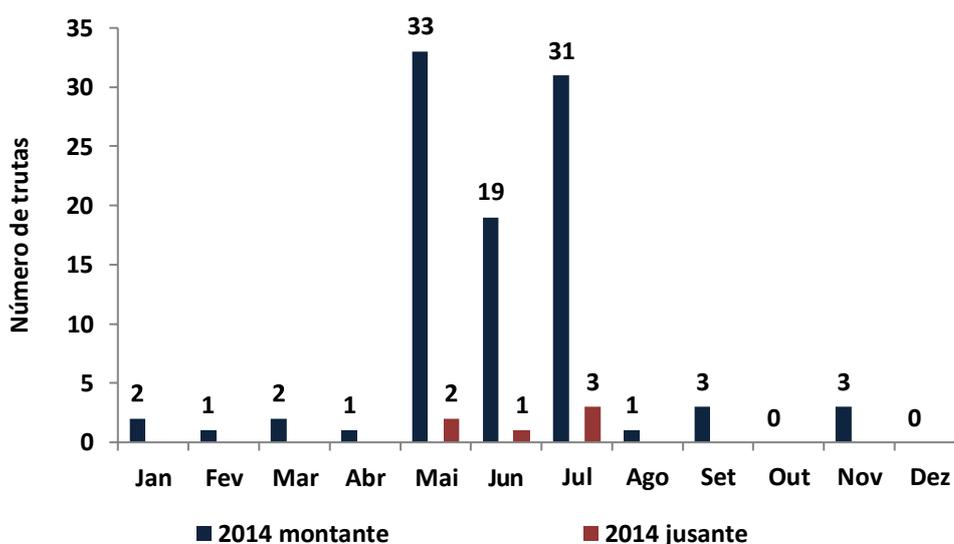


Figura 14 - Contagem do número de trutas registadas a utilizar a PPPEixes do Açude-Ponte de Coimbra, nos sentidos montante e jusante, para 2014.

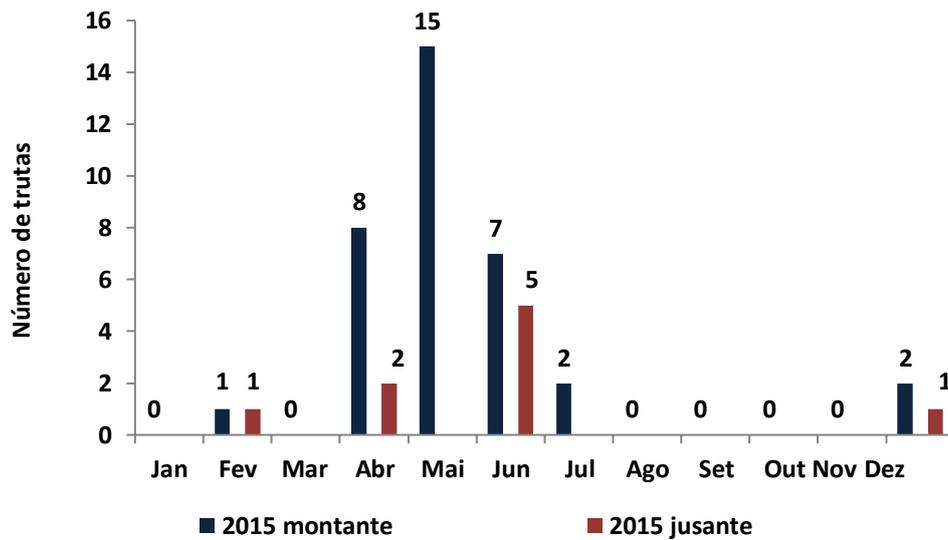


Figura 15 - Contagem do número de trutas registadas a utilizar a PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra, nos sentidos montante e jusante, para 2015.

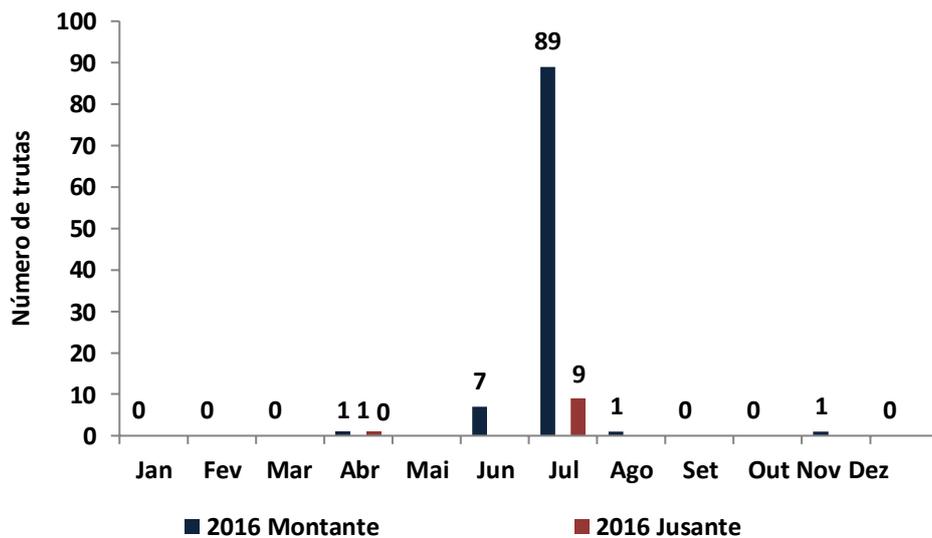


Figura 16 - Contagem do número de trutas registadas a utilizar a PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra, nos sentidos montante e jusante, para 2016.

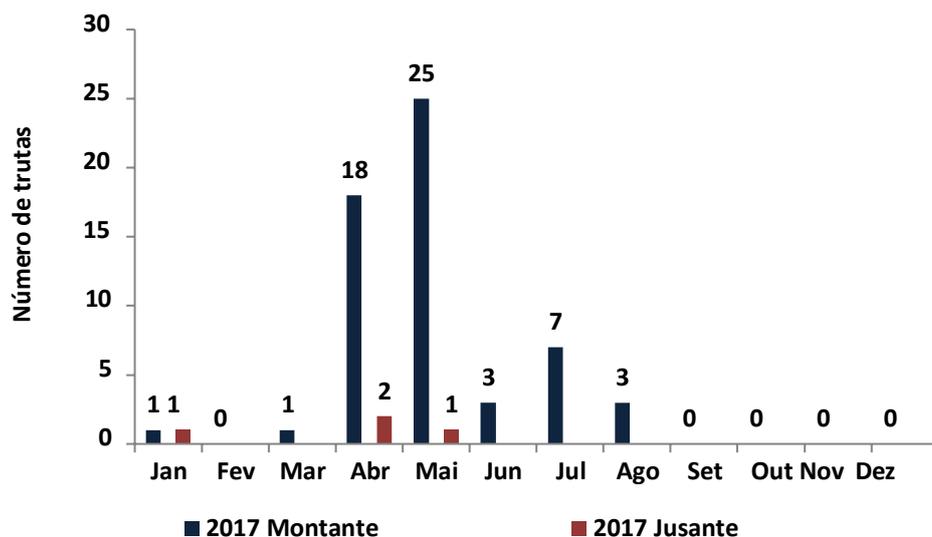


Figura 17 - Contagem do número de trutas registadas a utilizar a PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra, nos sentidos montante e jusante, para 2017.

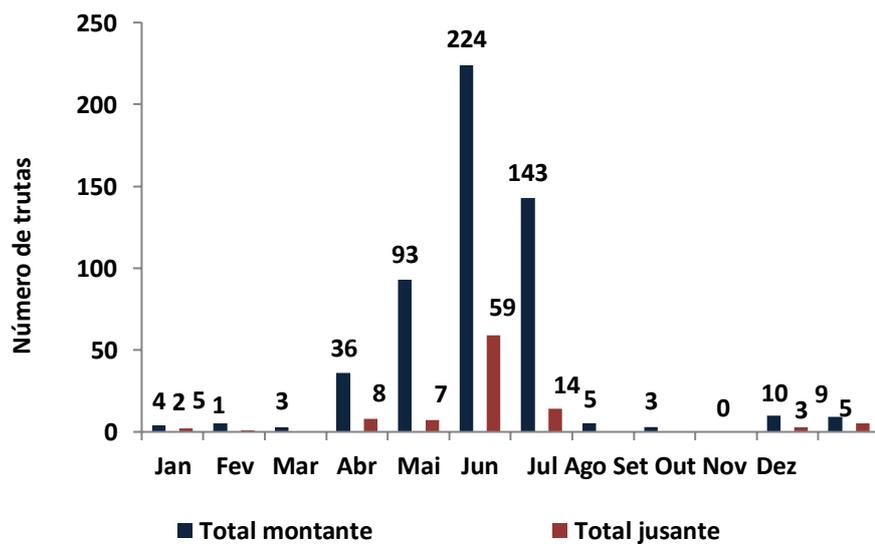


Figura 18 - Contagem do número de trutas registadas a utilizar a PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra, nos sentidos montante e jusante, para todos os anos do estudo (2013-2017).

3.2 – Análises de passagem acumuladas e percentis

A análise gráfica seguinte, expressa o padrão de passagem para montante da truta que utilizou a PPPeixes no período de 2013 a 2017.

É possível observar o comportamento da utilização da PPPeixes para o ano de 2013 pela truta na Figura 19. É evidente a presença de um pico de passagem para os meses de maio, junho e julho deste ano, que corresponde a 163 animais, 52,2% das passagens totais. O ano de 2014 (Figura 20) foi contabilizado 79 animais que transpuseram a PPPeixes para montante, correspondendo a 77,4% das passagens observadas para este ano.

Quanto ao ano de 2015, na Figura 21 podemos notar que o aumento do número de movimentos diários da espécie-alvo no dispositivo se deu de forma prematura iniciando no mês de abril. Porém, de forma semelhante aos anos anteriores, o período preferencial de utilização da Truta continuou a ocorrer nos meses de maio, junho e julho, que corresponde a 19 animais, representando 43,18% das passagens observadas para 2015. Na Figura 22 e 23, podemos observar respectivamente que os anos de 2016 e 2017, obtiveram os mesmo resultados em termos de pico de utilização da PPPeixes, sendo o mesmo também em maio, junho e julho. Para o ano de 2016, 87 animais foram contabilizados neste período, representando 79,81% das transposições, seguido de 34 avistamentos para 2017, representando 54,83% das passagens para montante da truta.

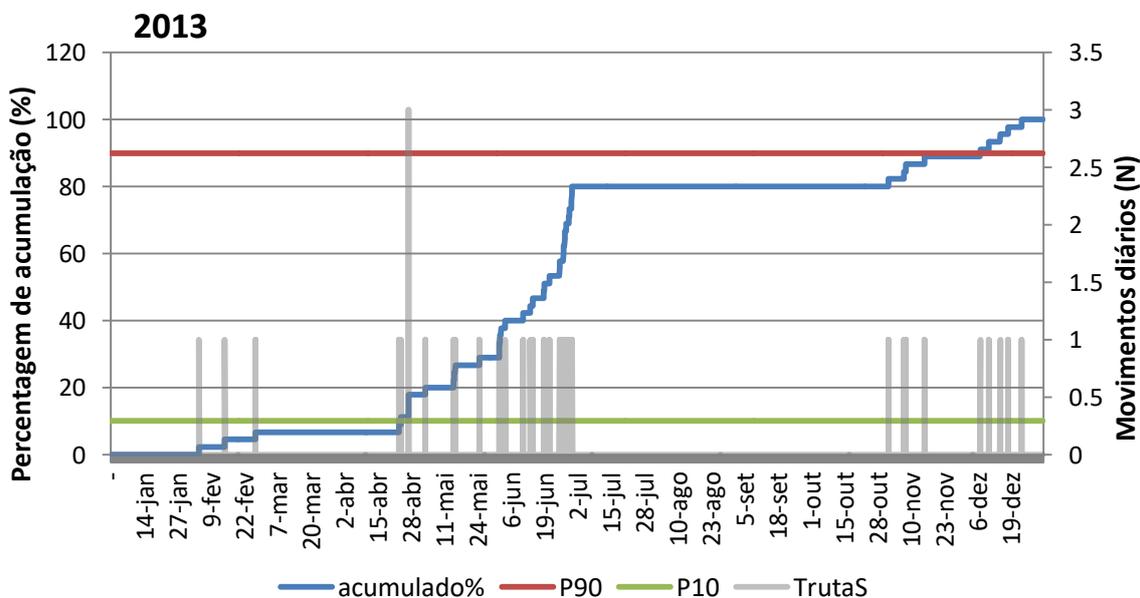


Figura 19 – Distribuição diária das passagens para montante da truta na PPPeixes do Açude- Ponte de Coimbra para o ano de 2013. A linha vermelha representa o percentil 90 e a linha verde o percentil de 10. A linha azul indica a porcentagem de acumulação. Barras cinzas indicam os movimentos diários realizados pela espécie-alvo.

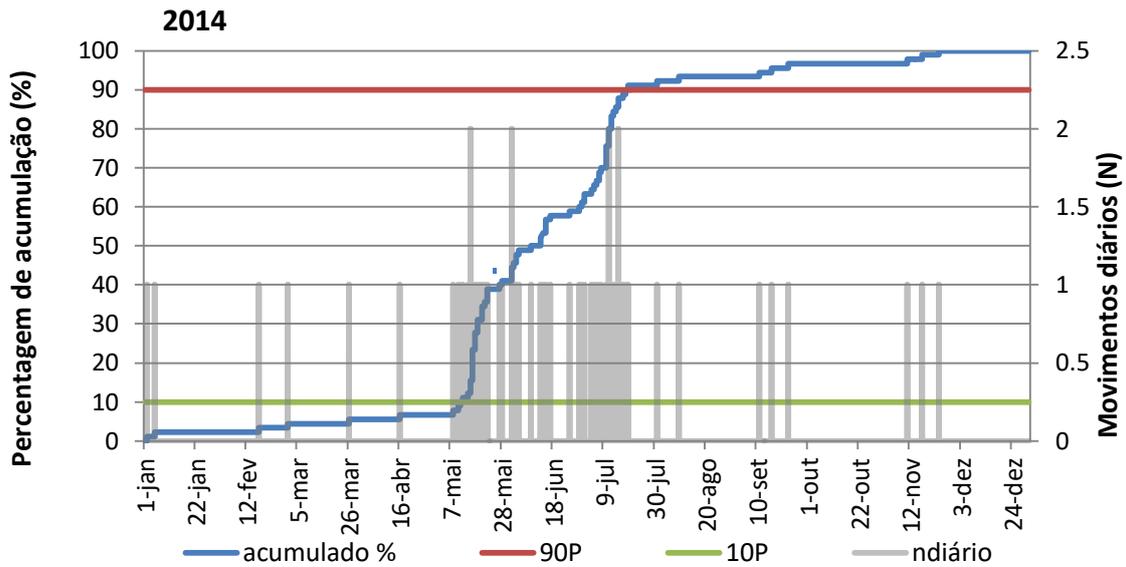


Figura 20 - Distribuição diária das passagens para montante da truta na PPPeixes do Açude- Ponte de Coimbra para o ano de 2014. A linha vermelha representa o percentil 90 e a linha verde o percentil de 10. A linha azul indica a percentagem de acumulação. Barras cinzentas indicam os movimentos diários realizados pela espécie-alvo.

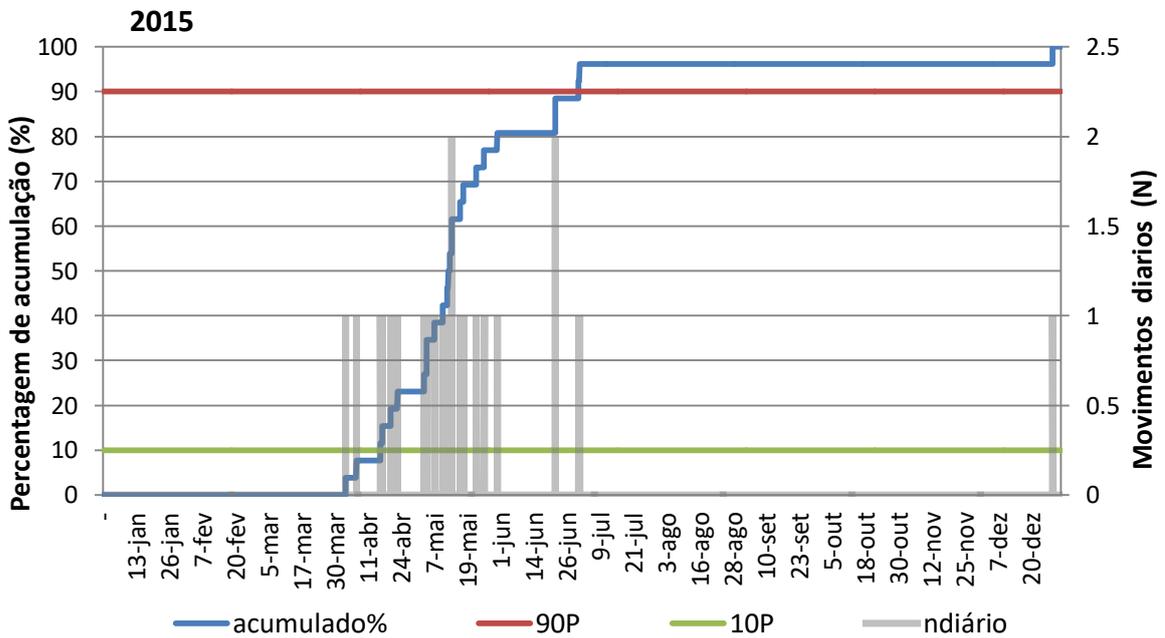


Figura 21 - Distribuição diária das passagens para montante da truta na PPPeixes do Açude- Ponte de Coimbra para o ano de 2015. A linha vermelha representa o percentil 90 e a linha verde o percentil de 10. A linha azul indica a percentagem de acumulação. Barras cinzentas indicam os movimentos diários realizados pela espécie-alvo.

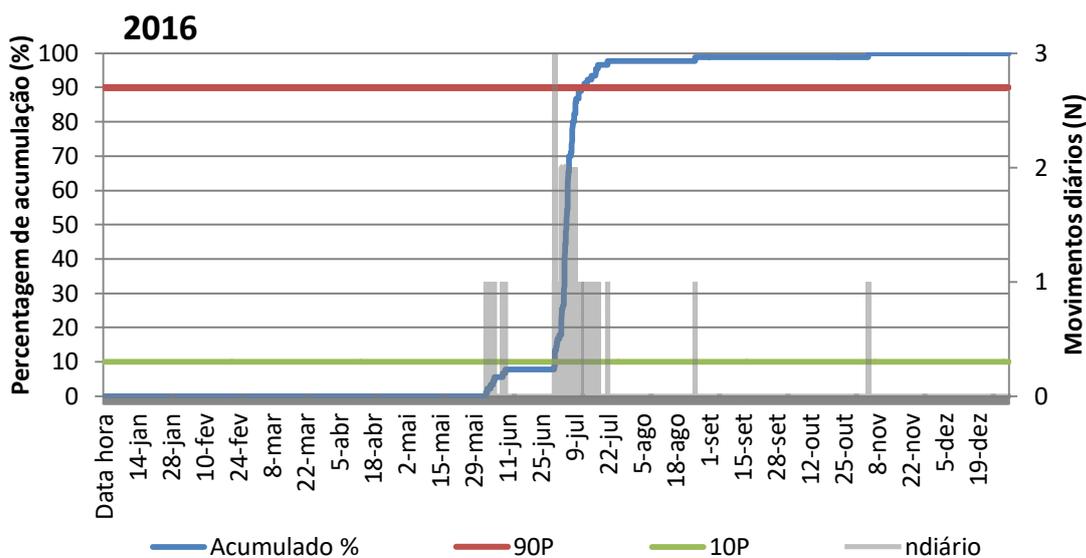


Figura 22 - Distribuição diária das passagens para montante da truta na PPPeixes do Açude- Ponte de Coimbra para o ano de 2016. A linha vermelha representa o percentil 90 e a linha verde o percentil de 10. A linha azul indica a percentagem de acumulação. Barras cinzentas indicam os movimentos diários realizados pela espécie-alvo.

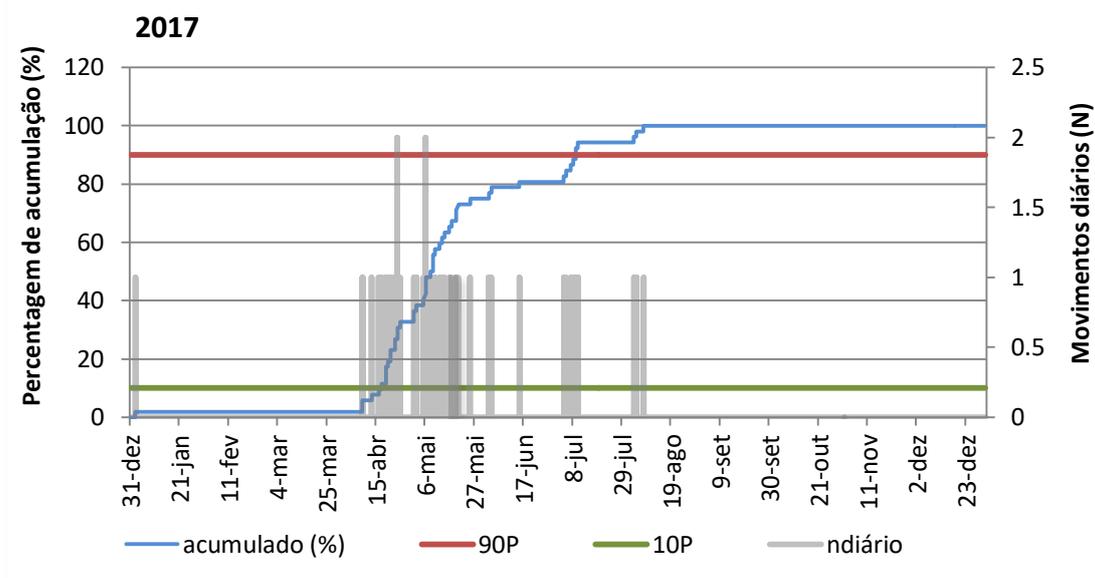


Figura 23 - Distribuição diária das passagens para montante da truta na PPPeixes do Açude- Ponte de Coimbra para o ano de 2017. A linha vermelha representa o percentil 90 e a linha verde o percentil de 10. A linha azul indica a percentagem de acumulação. Barras cinzentas indicam os movimentos diários realizados pela espécie-alvo.

Deste modo, corroborada a informação de que o pico de utilização da truta na PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra se dá preferencialmente nos meses de maio, junho e julho e, de forma a focar o trabalho realizado no período onde se regista a maioria das passagens da espécie-alvo pela PPPeixes, as análises subsequentes somente levaram em consideração tais meses.

3.3 - Contagens (N) associadas ao pico de migração

De forma a corroborar e ilustrar os meses preferenciais para as passagens das trutas pela PPPEixes (maio, junho e julho) são apresentados em seguida os gráficos das contagens realizadas através dos censos visuais para os anos de estudo 2013 – 2017.

Podemos notar que, em 2013 (Figura 24), embora esses sejam os meses preferenciais de utilização da PPPEixes pela truta, houve um aumento considerável na transposição dos animais no sentido jusante- montante no mês de junho, representando 76,27% do total dos animais.

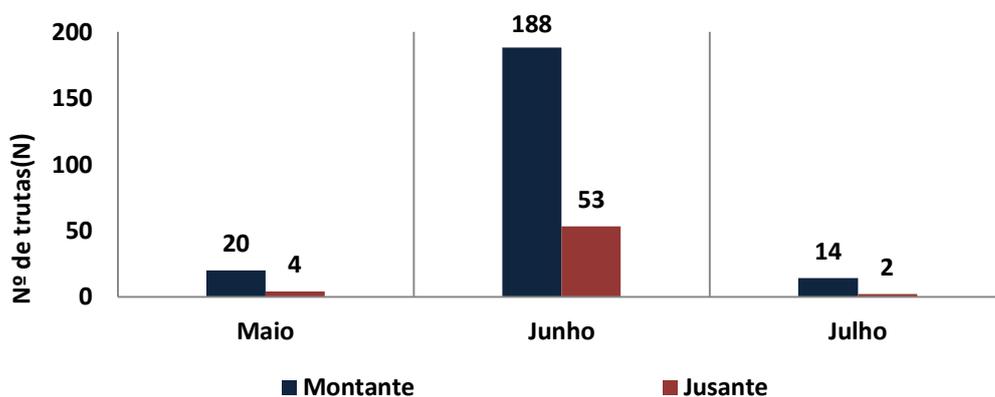


Figura 24 - Contagens da espécie-alvo em relação a sua movimentação tanto para montante, como para jusante na PPPEixes de Coimbra, durante o respetivo pico de migração no ano de 2013.

Já para o ano de 2014 (Figura 25), podemos notar que houve uma uniformização na transposição da PPP por parte da espécie-alvo e, além disso, uma redução dos movimentos no sentido montante-jusante.

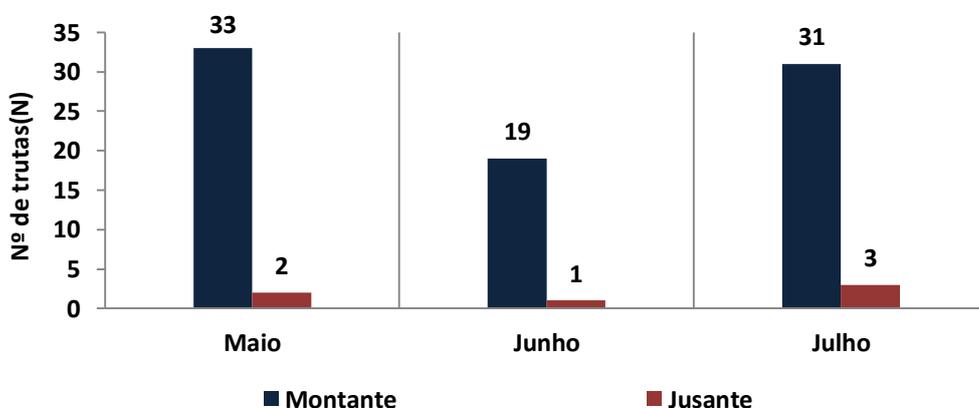


Figura 25- Contagens da espécie-alvo em relação a sua movimentação tanto para montante, como para jusante na PPPEixes de Coimbra, durante o respetivo pico de migração no ano de 2014.

No ano de 2015 (Figura 26) podemos notar o elevado valor apresentado no mês de maio, representando 57,69% do total dos animais que utilizaram o dispositivo da PPP Açude-Ponte de Coimbra e valores reduzidos das trutas que se deslocaram no sentido montante-jusante.

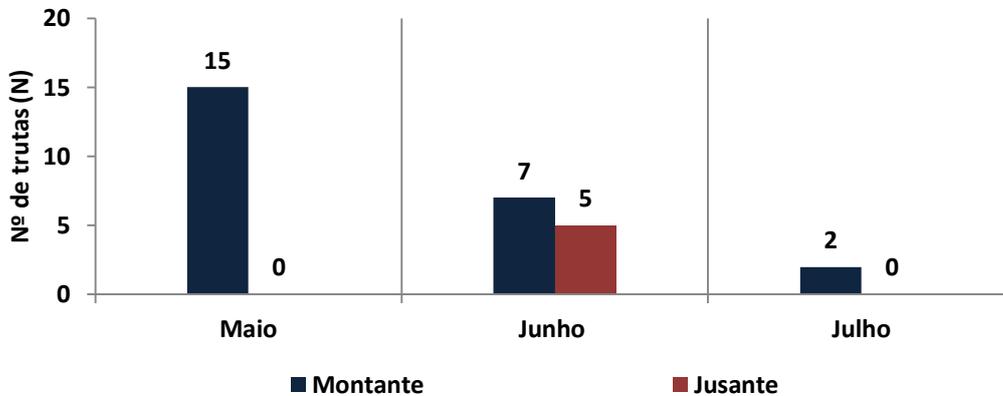


Figura 26 - Contagens da espécie-alvo em relação a sua movimentação tanto para montante, como para jusante na PPPeixes de Coimbra, durante o respetivo pico de migração no ano de 2015.

No ano de 2016, diferentemente dos anos anteriores, podemos notar o elevado valor apresentado no mês de julho, representando 89,88% do total dos animais que utilizaram o dispositivo da PPP Açude-Ponte de Coimbra e valores reduzidos das trutas que se deslocaram no sentido montante-jusante.

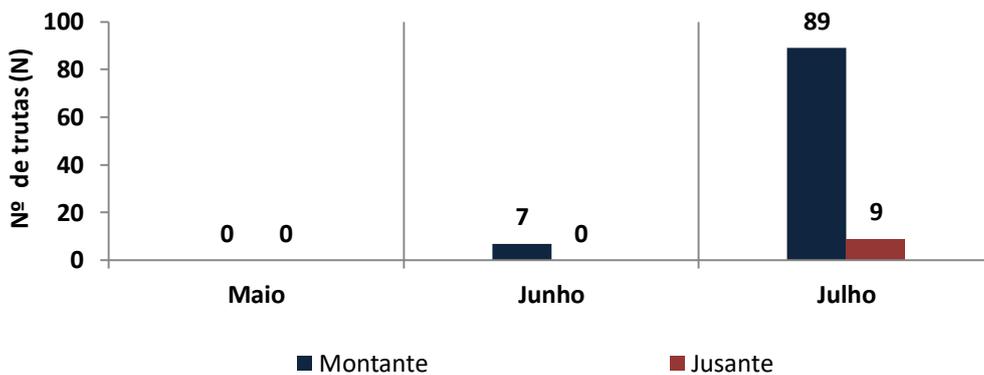


Figura 27 - Contagens da espécie-alvo em relação a sua movimentação tanto para montante, como para jusante na PPPeixes de Coimbra, durante o respetivo pico de migração no ano de 2016.

No ano de 2017 podemos notar o elevado valor apresentado no mês de maio, representando 44,44% do total dos animais que utilizaram o dispositivo da PPP Açude-Ponte de Coimbra e valores reduzidos das trutas que se deslocaram no sentido montante-jusante.

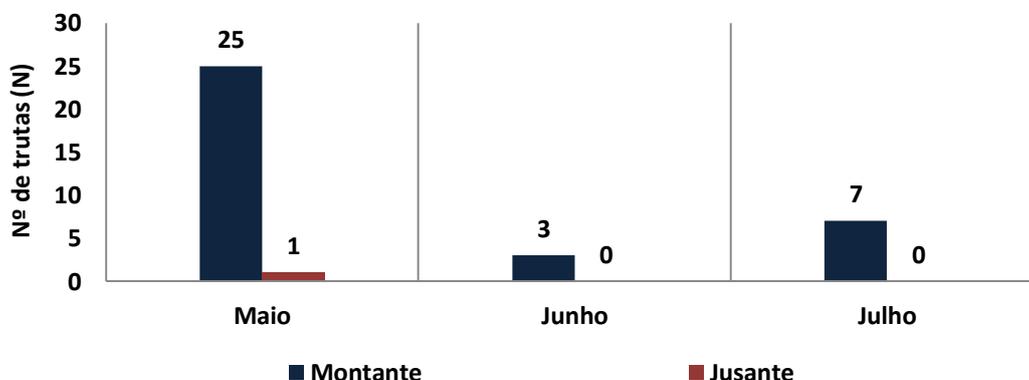


Figura 28 - Contagens da espécie-alvo em relação a sua movimentação tanto para montante, como para jusante na PPPeixes de Coimbra, durante o respetivo pico de migração no ano de 2017.

3.4- Estrutura dimensional das trutas na PPPeixes

Tendo em conta que o objetivo principal deste trabalho é perceber o padrão de migração da truta e quais fatores o influenciam, a presente análise foi centrada essencialmente no intervalo correspondente as classes dimensionais da truta ao longo do ano, a fim de se aperceber se o padrão de migração das trutas relativamente à sua estrutura dimensional estava relacionado, ou não, com os meses preferenciais de sua migração (maio, junho e julho). Para isso, as trutas contabilizadas foram subdivididas em 6 classes dimensionais, em cm:]14-20];]20-26];]26-32];]32-38];]38-44];]44-50[.

A Figura 29 a seguir ilustra a distribuição por classes dimensionais das trutas ao longo do pico de migração para o ano de 2013. Podemos nos aperceber que, há uma dependência consoante aos três meses preferenciais de utilização do dispositivo da PPPeixes. Notamos que uma separação de classes dimensionais onde, animais de classes dimensionais superiores tendem a transpor mais cedo o dispositivo, neste caso em maio, com a classe dimensional]32-38] cm representando 53% das transposições observadas, seguidos dos indivíduos de classes dimensionais inferiores, nos meses de junho e julho, neste caso a classe dimensional]20-26]cm se destacou para ambos meses, representando 68% e 75% respectivamente.

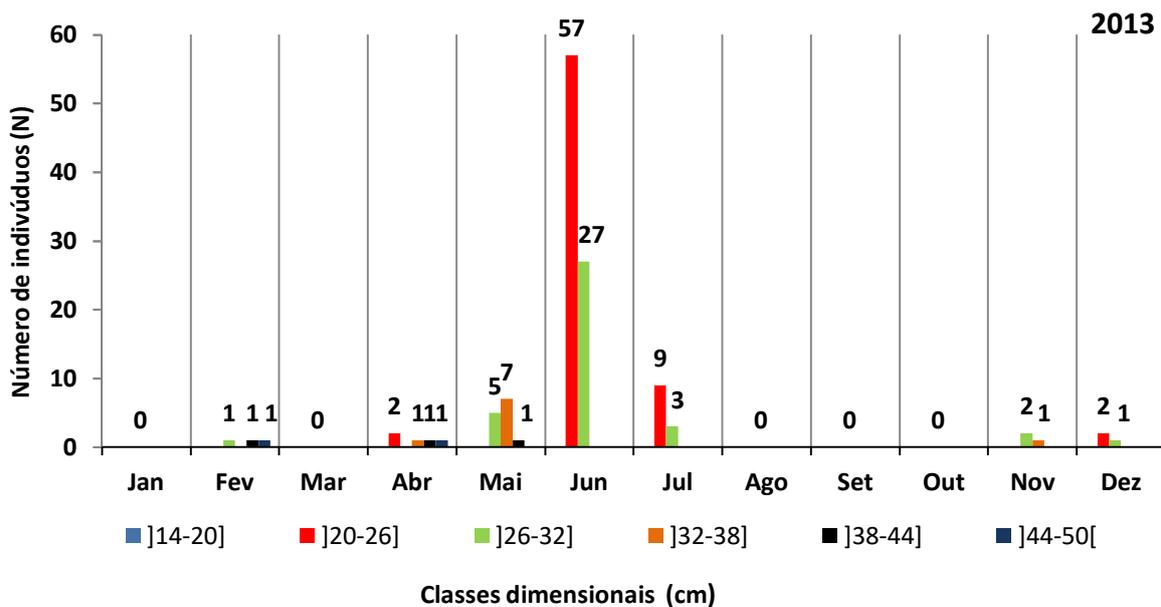


Figura 29 - Distribuição por classes dimensionais das trutas registadas a utilizar a PPPeixes durante o pico da migração (maio-julho) de 2013.

Para 2013, o teste de independência de Fisher identificou a existência de uma dependência da distribuição por classes dimensionais das trutas que utilizaram a PPPeixes durante o seu pico de migração relativamente ao mês de passagem (Teste exato de Fisher, $p = 0,002$ para a combinação testada “maio vs julho”). Os testes à posteriori para 2013 (Tabela 4) identificaram diferenças significativas em termos de distribuição por classes dimensionais entre os meses de maio e julho, corroborando o resultado apresentado no gráfico anterior onde se nota uma tendência para a observação de animais de maior dimensão durante o mês de maio, relativamente aos meses seguintes.

Tabela 4 - Resumo dos testes a posteriori, baseados numa análise de independência de Fisher complementada com uma correção de Bonferroni, para averiguar a existência de diferenças em termos dimensionais para os meses de maior utilização da truta do dispositivo de PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra

	Combinações Testadas	Correção de Bonferroni - Valor de p
2013	maio vs junho	Ns
	maio vs julho	$p < 0,01$
	junho vs julho	Ns

*ns: não significativo

A Figura 30 a seguir ilustra a distribuição por classes dimensionais das trutas ao longo do pico de migração para o ano de 2014. Podemos nos aperceber que, há uma dependência consoante aos três meses preferenciais de utilização do dispositivo da PPPeixes. Notamos que, semelhante ao ano anterior, há uma separação de classes dimensionais onde, animais de classes dimensionais superiores tendem a transpor mais cedo o dispositivo, neste caso em maio, com a classe dimensional]38-44] cm, representando 48% das transposições observadas, seguidos dos indivíduos de classes dimensionais inferiores, nos meses seguintes. Neste caso a classe dimensional]26-32]cm se destacou para ambos meses, representando 39% e 51% respectivamente.

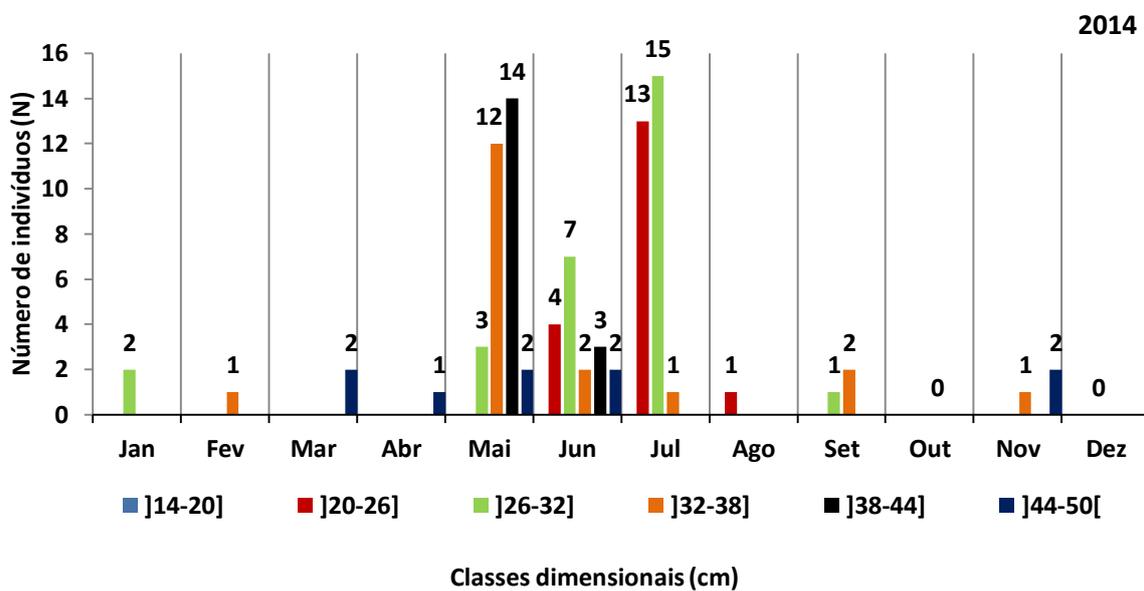


Figura 30 – Distribuição por classes dimensionais das trutas registadas a utilizar a PPPeixes durante o pico da migração (maio-julho) de 2014

De forma ainda mais clara, em 2014, o teste de independência de Fisher identificou a existência de uma dependência da distribuição por classes dimensionais das trutas que utilizaram a PPPeixes durante o seu pico de migração relativamente ao mês de passagem (Teste exato de Fisher, $p < 0,01$ para as três combinações testadas). Os testes à posteriori para 2014 (Tabela 5) identificaram diferenças significativas em termos de distribuição por classes dimensionais entre todas as combinações testadas (maio e junho, maio e julho e junho e julho), corroborando o resultado apresentado no gráfico anterior onde se nota uma tendência para a observação de animais de maior dimensão durante o mês de maio, relativamente aos meses seguintes.

Tabela 5 -Resumo dos testes a posteriori, baseados numa análise de independência de Fisher complementada com uma correção de Bonferroni, para averiguar a existência de diferenças em termos dimensionais para os meses de maior utilização da truta do dispositivo de PPPeixes do Açude- Ponte de Coimbra

Combinções testadas		Correção de Bonferroni - Valor de p
2014	maio vs junho	p<0,01
	maio vs julho	p<0,01
	junho vs julho	p<0,01

*ns: não significativo

No ano de 2015 (Figura 31), conforme citado anteriormente, possivelmente houve um adiantamento por parte da truta quanto a sua migração no sentido montante, representando por 57% das transposições do dispositivo da PPPeixes no mês de maio. Comum aos anos anteriores, o mês de maio teve como destaque a observação de indivíduos de classes dimensionais superiores, tendo]38-44]cm e]44-50]cm, representado 53% e 20% respectivamente do total de passagens para este mês. Porém, como podemos notar o mês de junho foi diferente dos anos anteriores, tendo 100% dos animais que transpuseram a PPPeixes pertenciam à classe dimensional]44-50]cm, sendo notavelmente distinto ao observado anteriormente. O mês de julho por sua vez, manteve 50% das transposições na classe dimensional semelhante aos anos anteriores]26-32]cm, porém, também se destacou diferentemente dos anos anteriores, com 50% das observações referentes a indivíduos da classe dimensional de]38-44]cm.

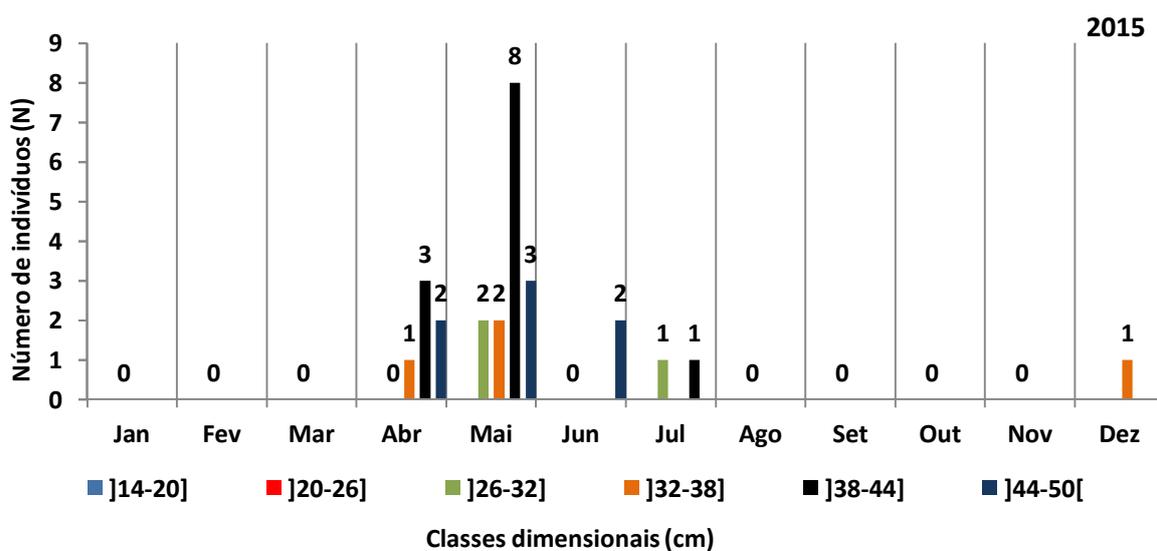


Figura 31 – Distribuição por classes dimensionais das trutas registadas a utilizar a PPPeixes durante o pico da migração (maio-julho) de 2015

Para 2015, o teste de independência de Fisher não identificou a existência de uma dependência da distribuição por classes dimensionais das trutas que utilizaram a PPPeixes durante o seu pico de migração relativamente ao mês de passagem para nenhuma das combinações testadas . Os testes à posteriori para 2015 (Tabela 6), como era de se esperar, não identificaram diferenças significativas em termos de distribuição por classes dimensionais entre as combinações de maio e junho, maio e julho e junho e julho. Desta maneira podemos afirmar que a distribuição das trutas por classes dimensionais em 2015 foi independente do mês de passagem, sendo diferente dos anos anteriores.

Tabela 6 - Resumo dos testes a posteriori, baseados numa análise de independência de Fisher complementada com uma correção de Bonferroni, para averiguar a existência de diferenças em termos dimensionais para os meses de maior utilização da truta do dispositivo de PPPeixes do Açude- Ponte de Coimbra

	Combinações Testadas	Correção de Bonferroni- Valor de p
2015	maio vs junho	ns
	maio vs julho	ns
	junho vs julho	ns

*ns: não significativo

A Figura 32 ilustra a distribuição por classes dimensionais das trutas observadas no pico de migração de 2016. Neste ano, as passagens se deram de forma ligeiramente tardia, quando comparado aos anos de 2013 e 2014. Não houve nenhuma contabilização para o mês de maio e no mês de Junho houve poucas transposições de trutas. O mês de junho foi marcado pela ocorrência de transposições relativamente distribuídas em termos de classes dimensionais, ou seja, houve a contabilização de 1 animal para as classes dimensionais de]26-32] cm e]32-38] cm, enquanto que as classes dimensionais de]38-44]cm e de]44-50[cm, foram contabilizados 2 indivíduos para ambas. Já o mês de julho foi semelhante aos anos de 2013 e 2014, demonstrando uma maior percentagem de indivíduos de menores dimensões. As classes dimensionais que mais se destacaram foram]20-26] cm, representando 48% e a classe dimensional de]26-32] cm, representando 42%.

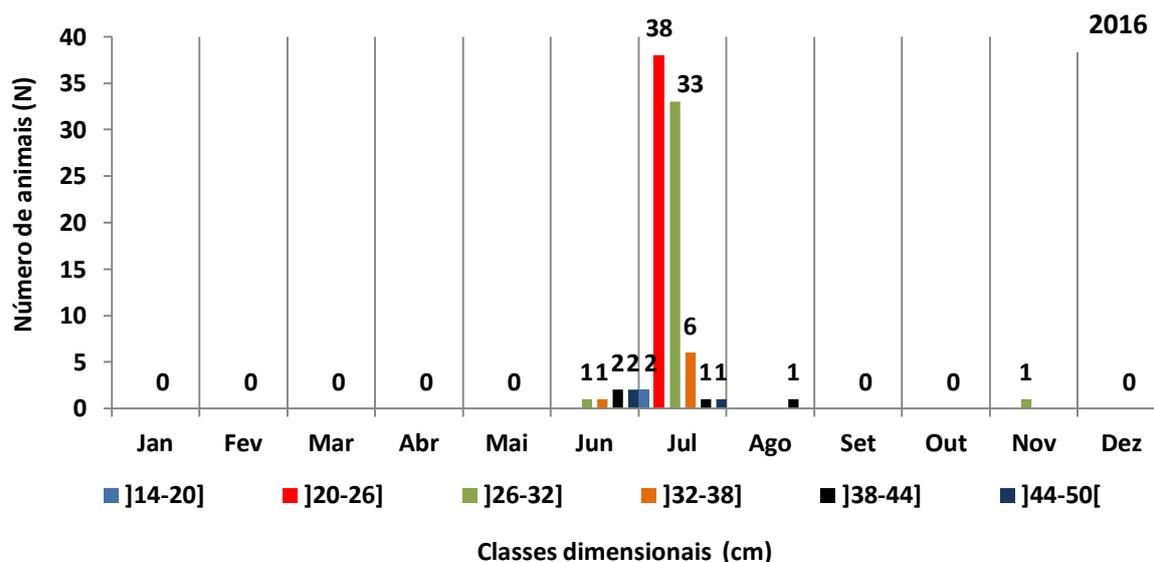


Figura 32 - Distribuição por classes dimensionais das trutas registradas a utilizar a PPPEixes durante o pico da migração (maio-julho) de 2016.

Para 2016, o teste de independência de Fisher identificou a existência de uma dependência da distribuição por classes dimensionais das trutas que utilizaram a PPPEixes durante o seu pico de migração relativamente ao mês de passagem (Teste exato de Fisher, $p < 0,01$ para a combinação testada “junho vs julho”). Os testes à posteriori para 2016 (Tabela 7) identificaram diferenças significativas em termos de distribuição por classes dimensionais entre os meses de junho e julho, corroborando o resultado apresentado no gráfico anterior onde se nota uma tendência para a observação de animais de menor dimensão nos meses de junho e julho, semelhante aos anos de 2013 e 2014.

Tabela 7 - Resumo dos testes a posteriori, baseados numa análise de independência de Fisher complementada com uma correção de Bonferroni, para averiguar a existência de diferenças em termos dimensionais para os meses de maior utilização da truta do dispositivo de PPPEixes do Açude- Ponte de Coimbra

	Combinações Testadas	Correção de Bonferroni- Valor de p
2016	maio vs junho	ns
	maio vs julho	ns
	junho vs julho	$p < 0.01$

*ns: não significativo

O ano de 2017 também demonstrou um ligeiro adiantamento na migração da truta. Semelhante a 2015, podemos notar a presença de animais com classes dimensionais superiores em ambos os três meses preferenciais da migração da truta.

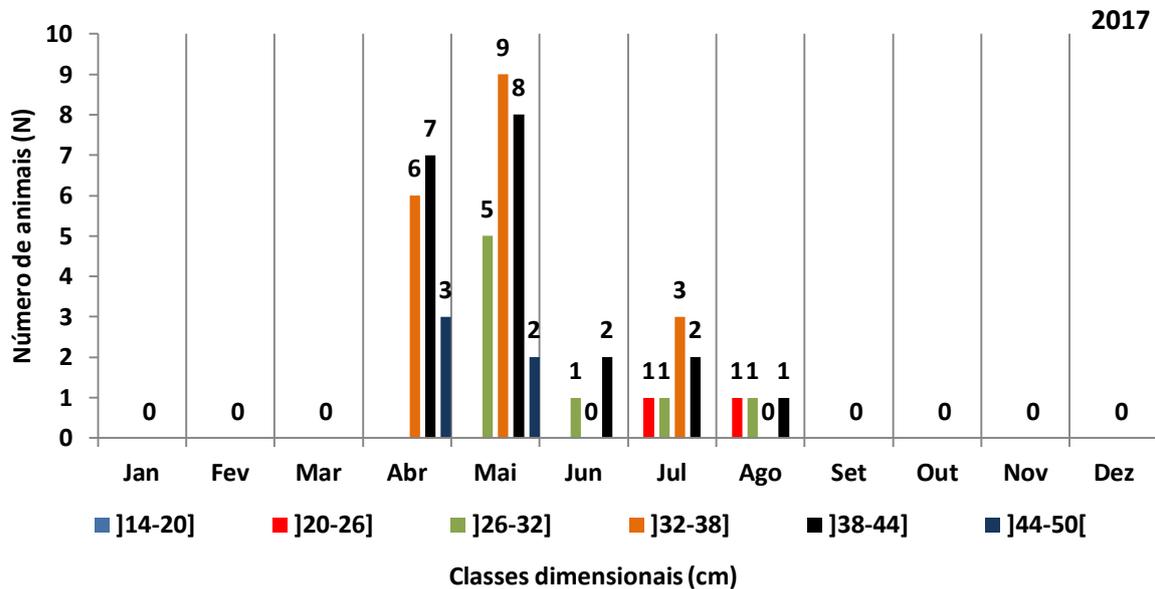


Figura 33 - Distribuição por classes dimensionais das trutas registadas a utilizar a PPPeixes durante o pico da migração (maio-julho) de 2017

Para 2017, o teste de independência de Fisher não identificou a existência de uma dependência da distribuição por classes dimensionais das trutas que utilizaram a PPPeixes durante o seu pico de migração relativamente ao mês de passagem (Teste exato de Fisher, $p > 0,05$ para todas as combinações testadas). Os testes à posteriori para 2015 (Tabela 8) não identificaram diferenças significativas em termos de distribuição por classes dimensionais entre os meses de maio, junho e julho. Desta maneira podemos afirmar que a distribuição das trutas por classes dimensionais em 2017 foi independente do mês de passagem, sendo diferente dos anos anteriores.

Tabela 8 - Resumo dos testes a posteriori, baseados numa análise de independência de Fisher complementada com uma correção de Bonferroni, para averiguar a existência de diferenças em termos dimensionais para os meses de maior utilização da truta do dispositivo de PPPeixes do Açude- Ponte de Coimbra

	Combinações Testadas	Correção de Bonferroni- Valor de p
2017	maio vs junho	ns
	maio vs julho	ns
	junho vs julho	ns

*ns: não significativo

A Figura 34 apresenta a distribuição por classes dimensionais para todos os anos do presente estudo (2013-2017) em conjunto. Os resultados obtidos para os 5 anos, são representativos daquilo que já havia sido anteriormente apresentado para a maioria dos anos analisados de forma isolada. Podemos notar que o mês de maio demonstra, de modo geral, o aparecimento de animais com classes dimensionais superiores aos demais meses. As classes dimensionais em destaque para maio foram]38-44] cm, representando 37%, enquanto que a classe dimensional de]32- 38] cm, representou 36%. Já o mês de junho e julho foram marcados novamente pelas classes dimensionais inferiores, sendo a principal de]20-26]cm, seguida da classe dimensional de]26- 32] cm. Para o mês de junho, a classe dimensional de]20-26]cm representou 53% das transposições, seguida da classe dimensional]26-32] cm com 32% das transposições. Já em julho, a classe dimensional]20-26] cm representou 47% das transposições, enquanto que a classes dimensional de]26-32] cm, representou 41%.

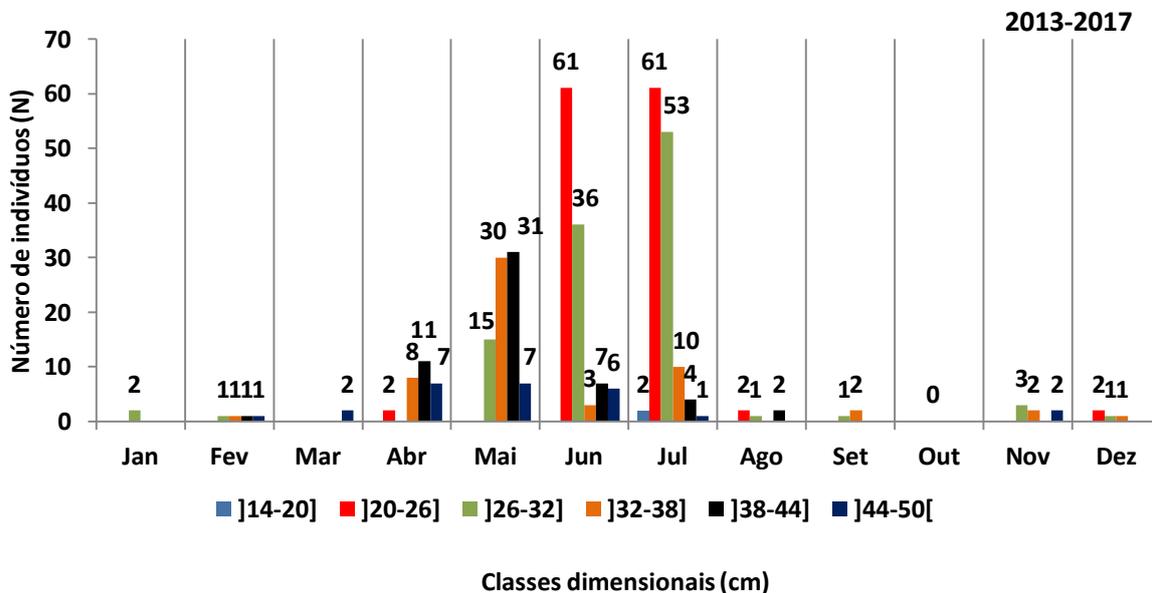


Figura 34 - Distribuição por classes dimensionais das trutas registradas a utilizar a PPPeixes durante o pico da migração (maio-julho) referente aos 5 anos do estudo (2013 – 2017).

A tabela 9, com a análise estatística do teste de independência de Fisher, veio a corroborar a existência de uma dependência da distribuição por classes dimensionais das trutas que utilizaram a PPPeixes durante o seu pico de migração relativamente ao mês de passagem (Teste exato de Fisher, $p < 0,01$ para todas as combinações testadas). Animais de classes dimensionais superiores tendem a transpor mais cedo o dispositivo, seguidos dos indivíduos de classes dimensionais inferiores. Os testes à posteriori para todos os 5 anos (Tabela 9) identificaram diferenças significativas em termos de distribuição por classes dimensionais entre todos os três meses, corroborando o resultado apresentado no gráfico anterior onde se nota uma tendência para a observação de animais de maior dimensão durante o mês de maio, relativamente aos meses seguintes.

Tabela 9 - Resumo dos testes a posteriori, baseados numa análise de independência de Fisher complementada com uma correção de Bonferroni, para averiguar a existência de diferenças em termos dimensionais para os meses de maior utilização da truta do dispositivo de PPPeixes do Açude- Ponte de Coimbra

	Combinações Testadas	Correção de Bonferroni- Valor de p
2013 – 2017	maio vs junho	p<0,01
	maio vs julho	p<0,01
	junho vs julho	p<0,01

*ns: não significativo

De modo geral, podemos claramente nos aperceber do fato de que no mês de maio indivíduos com classes dimensionais superiores utilizam o dispositivo da PPPeixes. Para o mês de junho notamos uma maior uniformização no que diz respeito à distribuição das classes dimensionais. Já para o mês de julho, observamos que as classes dimensionais para indivíduos de menores dimensões são as que mais se destacam.

3.5 - Distribuição circadiana

O padrão circadiano das passagens para montante da truta que utilizaram a PPPeixes em seus meses preferenciais (maio, junho e julho) foi analisado através de estatística circular.

Na Figura 35 é possível analisar a distribuição circadiana das passagens da truta para o ano de 2013. Como podemos verificar, dos 163 animais observados para este ano (Saldo Final), o período preferencial para utilização do dispositivo ao longo do dia ocorre em dois momentos distintos, sendo ao amanhecer, entre as 6 e as 9hr da manhã, com uma representatividade de 30,6%, e ao final do dia entre as 17 e 19hr, representando 18,4%.

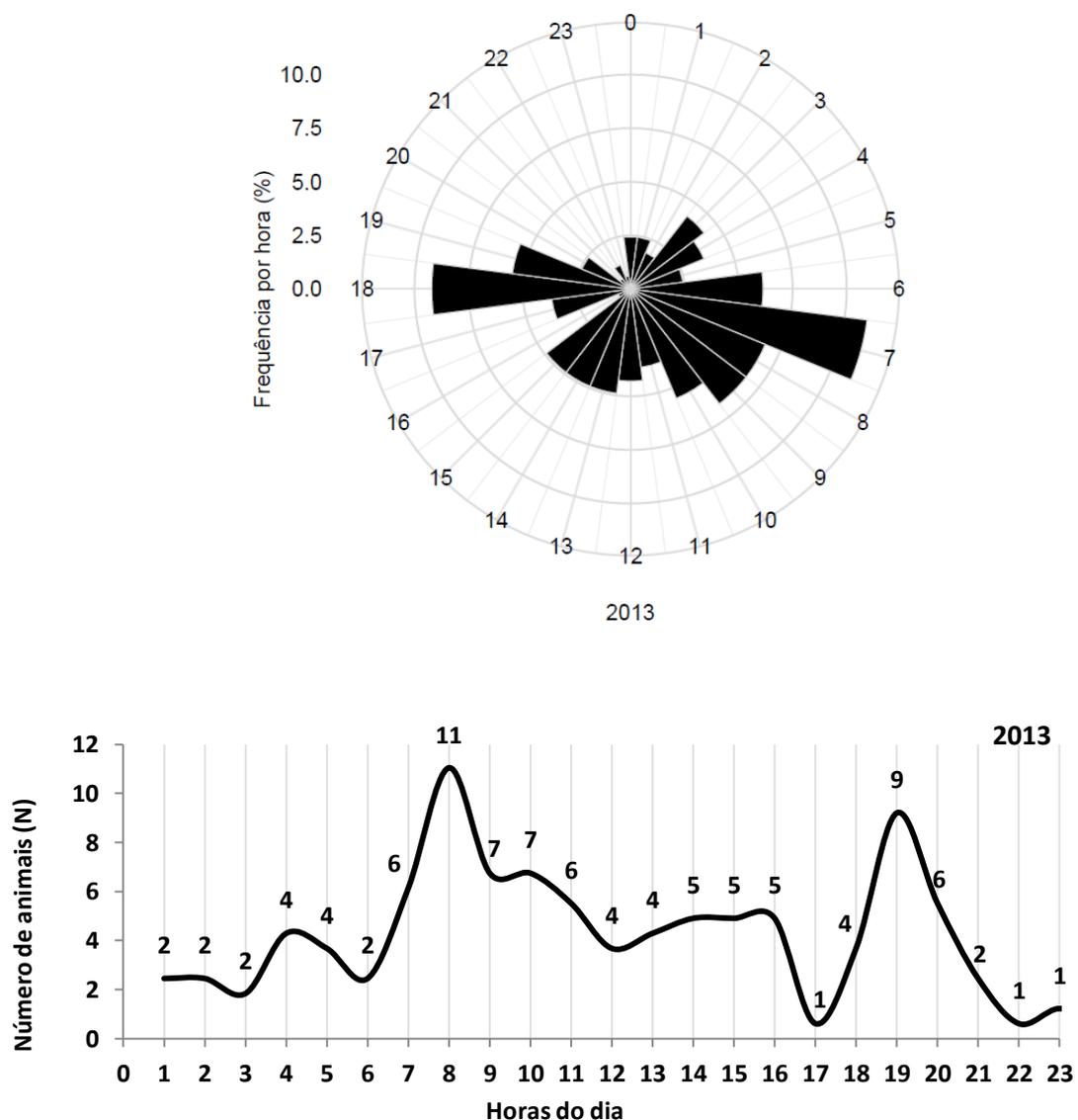


Figura 35- Gráfico circular do padrão circadiano das tranposições para montante da espécie-alvo (i.e. *Salmo trutta* L.) no dispositivo da passagem para peixes do Açude-Ponte de Coimbra para o ano de 2013 (maio-julho), incluindo a representação gráfica do número médio de trutas observadas por cada hora.

No ano de 2014 (Figura 36), não muito distinto da utilização do dispositivo no ano anterior, também foram identificados 2 momentos preferenciais de passagem. Podemos observar que o período preferencial da utilização do dispositivo pela truta variou entre as 4 e as 8h da manhã, representando 43% dos 79 animais observados. Porém, o segundo momento se deu no meio da tarde, entre as 14 e às 16h, representando 20,2 % das passagens.

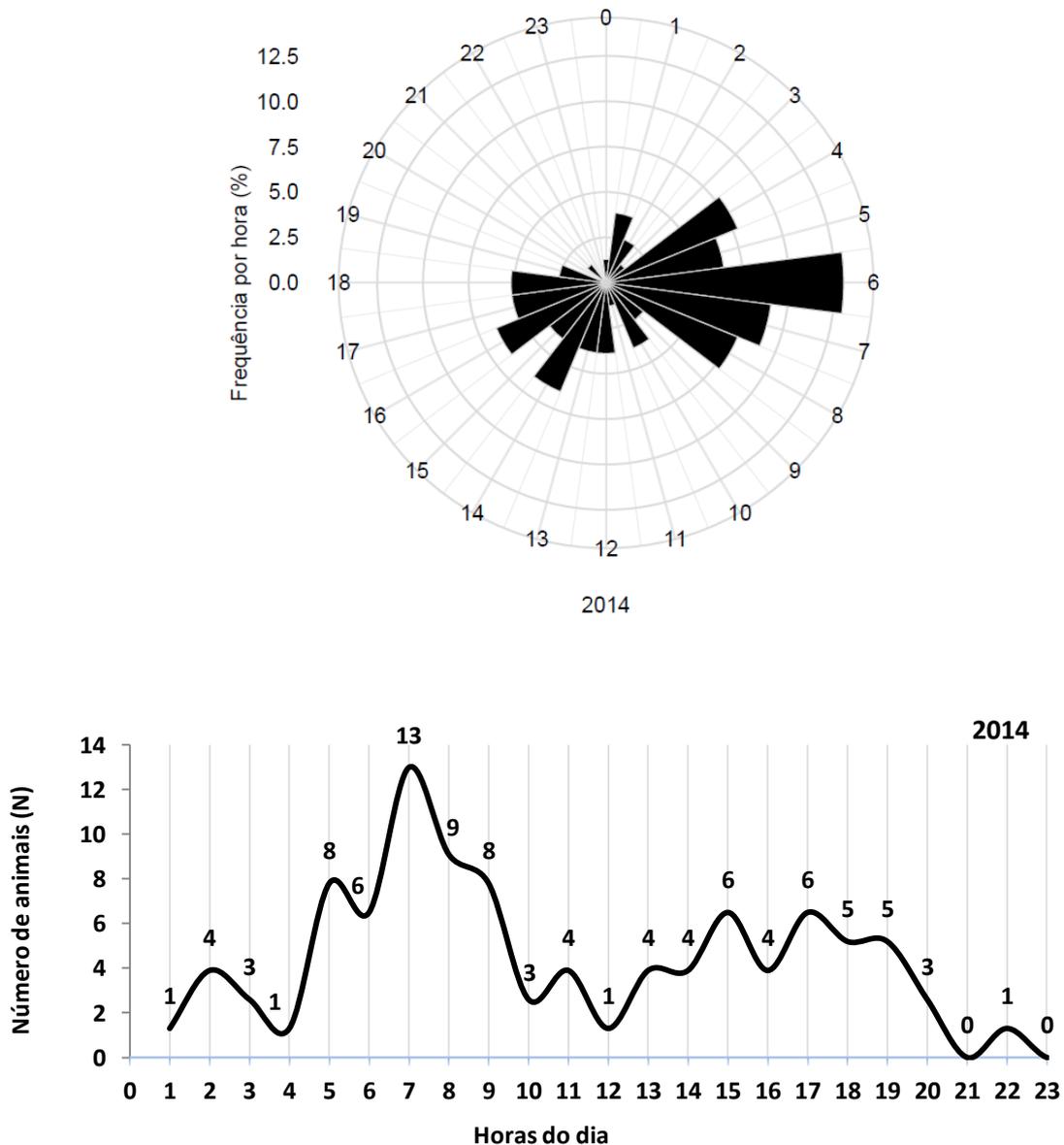


Figura 36 - Gráfico circular do padrão circadiano das tranposições para montante da espécie-alvo (i.e. *Salmo trutta* L.) no dispositivo da passagem para peixes do Açude-Ponte de Coimbra para o ano de 2014 (maio-julho), incluindo a representação gráfica do número médio de trutas observadas para cada hora.

Em 2015 (Figura 37), os horários de maior utilização do dispositivo da PPPeixes pela truta, se mantiveram fiéis às passagens matinais apresentadas nos anos anteriores, variando entre as 4 e as 9h da manhã, representando 67% do total de 19 animais. Verifica-se a ocorrência de um segundo pico de passagens, próximo das 21h, representando 12% do total de trutas para o período considerado.

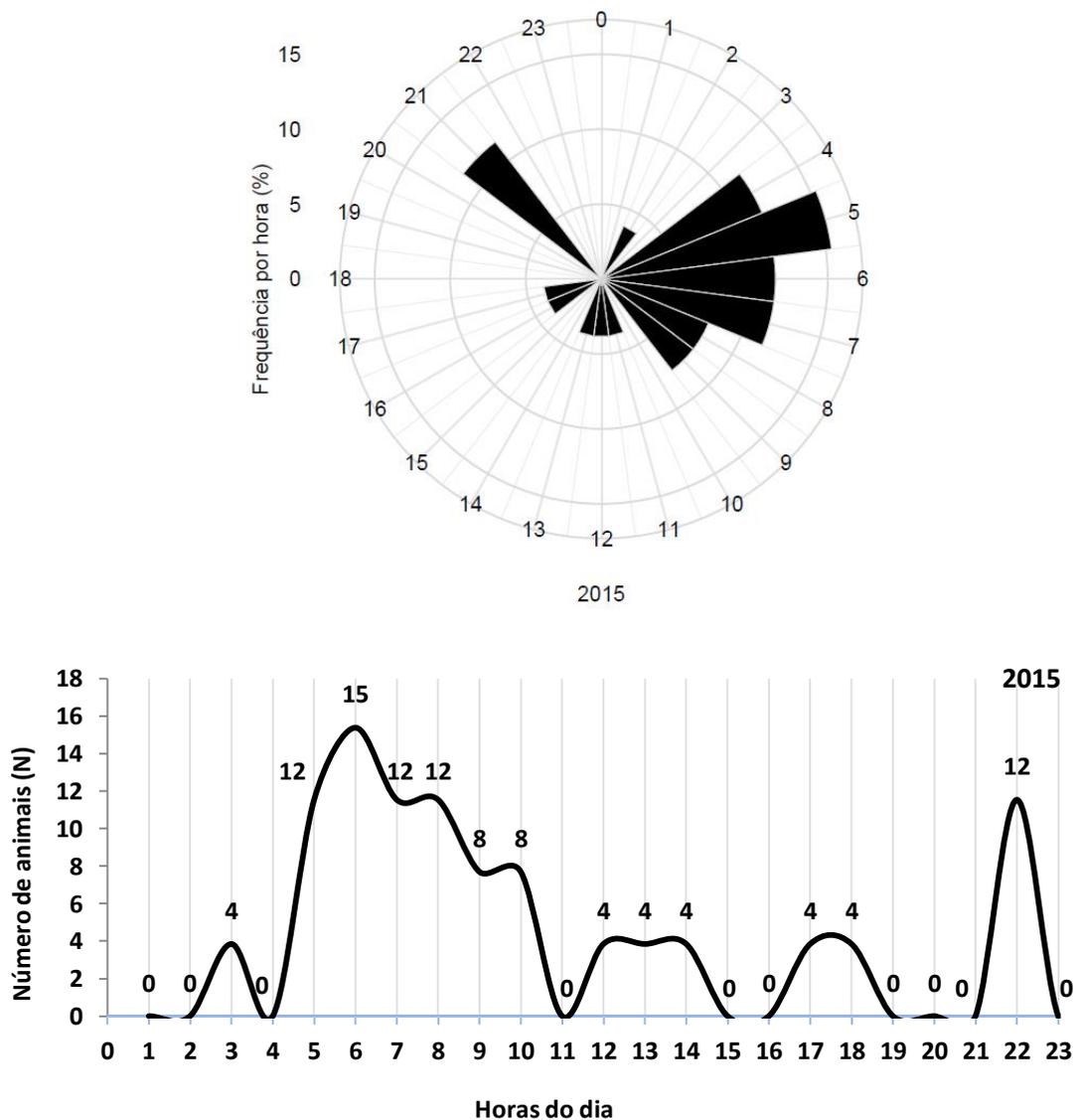


Figura 37 - Gráfico circular do padrão circadiano das transposições para montante da espécie-alvo (i.e. *Salmo trutta* L.) no dispositivo da passagem para peixes do Açude-Ponte de Coimbra para o ano de 2015 (maio-julho), incluindo a representação gráfica do número médio de trutas observadas para cada hora.

Já no ano de 2016 (Figura 38), podemos nos aperceber que, embora novamente o período do amanhecer se manteve igual aos outros anos, as passagens ao longo dos dias se mantiveram equilibradas, semelhante ao comportamento dos animais no ano de 2015. O pico de utilização da PPPeixes pela truta se deu entre as 2 e as 6h da manhã, representando 42,5% dos 87 animais contabilizados.

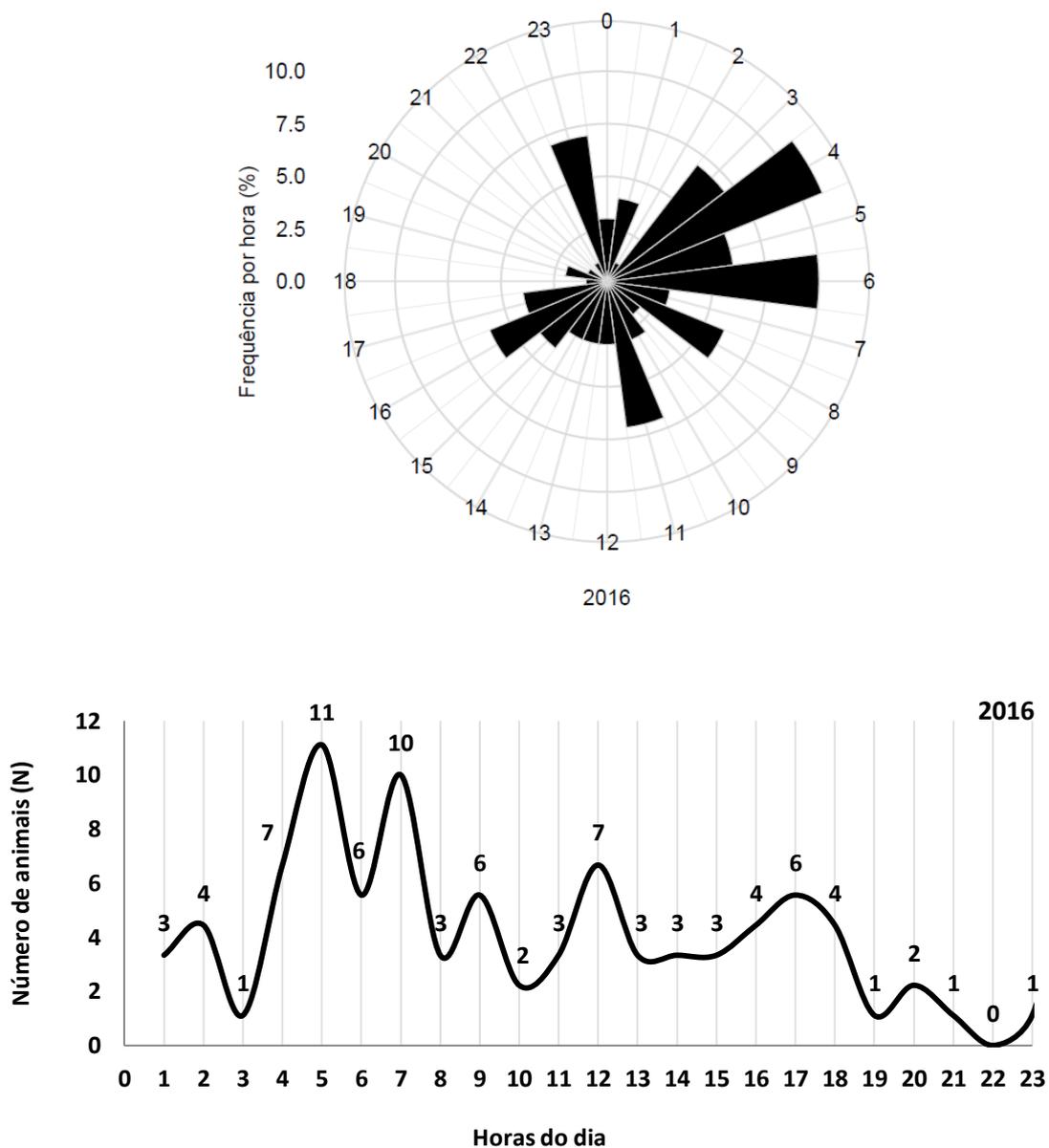


Figura 38 - Gráfico circular do padrão circadiano das transposições para montante da espécie-alvo (i.e. *Salmo trutta* L.) no dispositivo da passagem para peixes do Açude-Ponte de Coimbra para o ano de 2016 (maio-julho), incluindo a representação gráfica do número médio de trutas observadas para cada hora.

O ano de 2017 (Figura 39) foi marcado por dois picos de utilização do dispositivo da PPPeixes. Seu pico de utilização se deu as 7 e as 18hr. O pico das 7h da manhã representou 44% das transposições, enquanto que o pico das 18h representou 35% das 34 obsevações das trutas para os meses de maio, junho e julho de 2017. Apesar disto, de certo modo o período preferencial é sempre madrugada-início da manhã.

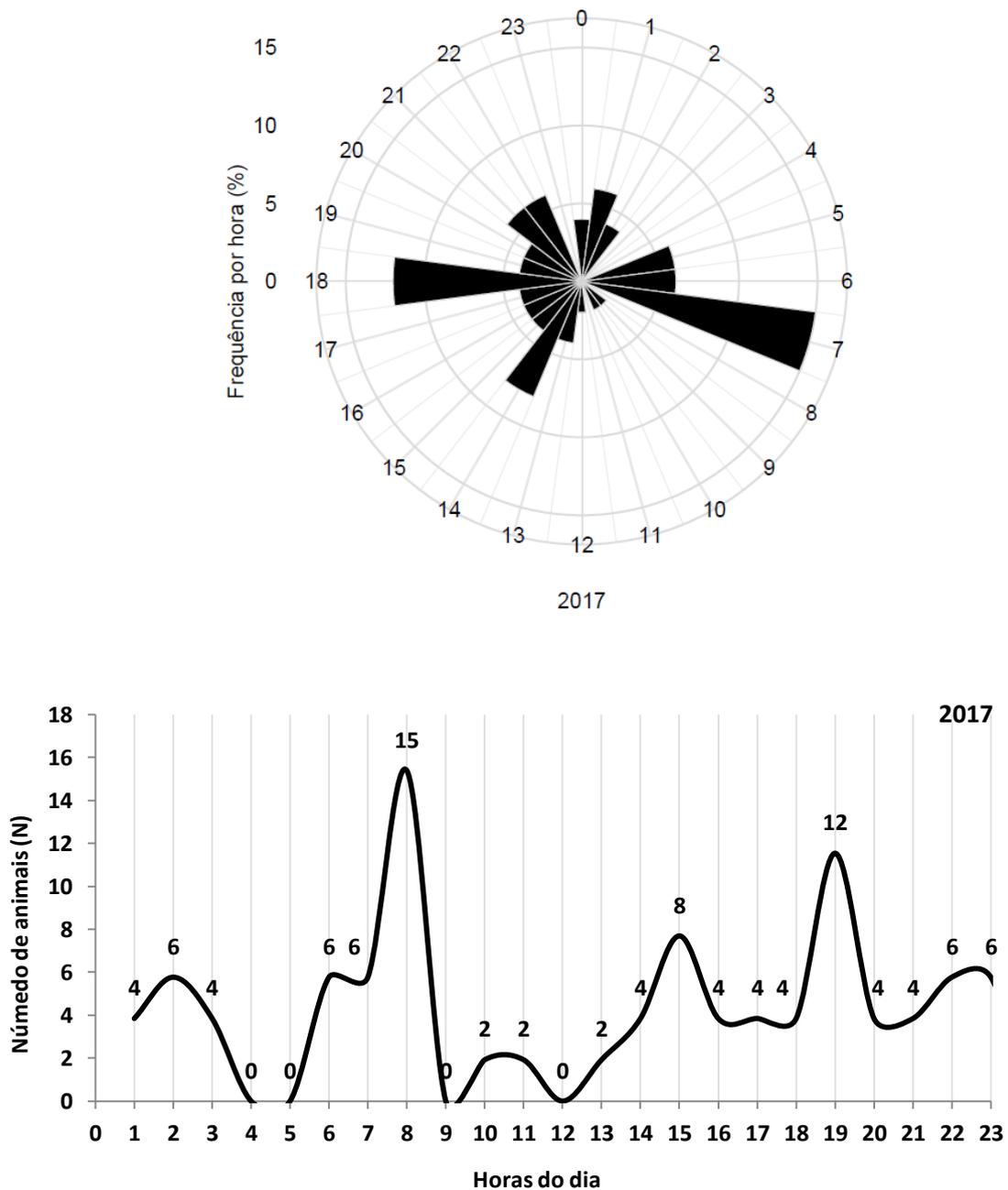


Figura 39 - Gráfico circular do padrão circadiano das transposições para montante da espécie-alvo (i.e. *Salmo trutta* L.) no dispositivo da passagem para peixes do Açude-Ponte de Coimbra para o ano de 2017 (maio-julho), incluindo a representação gráfica do número médio de trutas observadas para cada hora.

De forma a compreender o padrão circadiano de utilização da PPPEixes pela truta e se ter um panorama completo de sua utilização do dispositivo no Açude-Ponte de Coimbra foi-se realizada uma análise circadiana para o conjunto dos 5 anos do estudo (Figura 40) em que, de forma mais clara pode-se corroborar com os resultados apresentados anteriormente, em que para 382 animais contabilizados, os períodos preferenciais de utilização foram pela manhã entre as 4 e as 8hr, com uma representatividade de 36%, enquanto que o final da tarde, entre as 17 e as 19 horas, representou 14%.

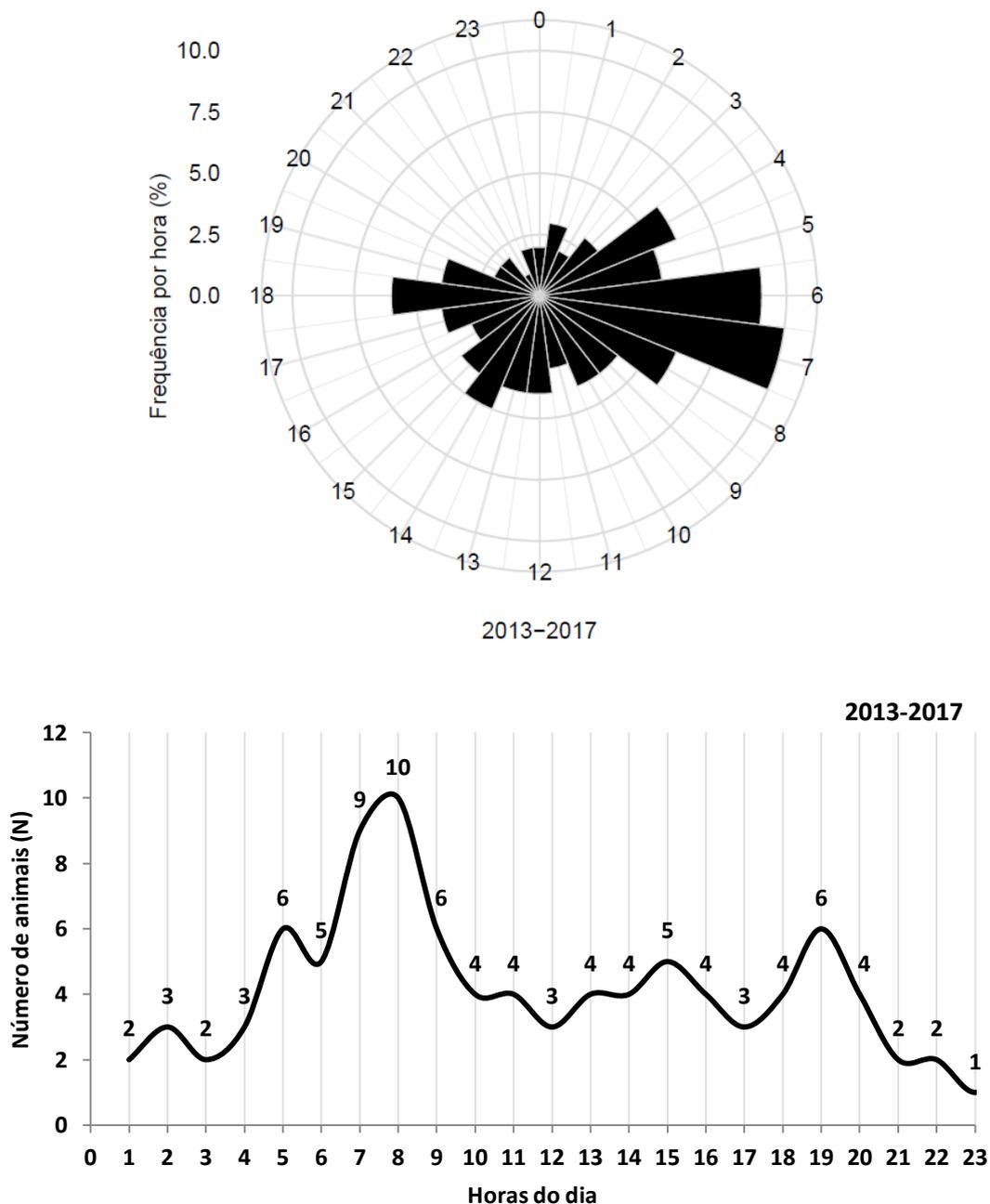


Figura 40 – Gráfico circular do padrão circadiano das tranposições para montante da espécie-alvo (i.e. *Salmo trutta* L.) no dispositivo da passagem para peixes do Açude-Ponte de Coimbra para os anos de 2013 - 2017 (maio-julho), incluindo a representação gráfica do número médio de trutas observadas para cada hora.

3.6 – Modelos explicativos-preditivos

3.6.1 - Análise de redundância

A partir dos resultados do teste Spearman, ilustrado na Tabela 10, foi tomada a decisão de manter todas as variáveis analisadas para a maioria dos anos, por não haver nenhuma correlação suficientemente forte ($r > 0,80$) entre as variáveis selecionadas. Exceto no ano de 2014 em que a variável turbidez foi retirada por estar fortemente correlacionada com a variável condutividade.

Tabela 10 - Resultados da análise de correlação de Spearman entre os cinco preditores numéricos inicialmente selecionados para incluir nos modelos GLM para a truta no ano de 2013 a 2017. * indica as correções acima de 0,80, para as quais apenas uma das variáveis foi selecionada para as análises subsequentes

temp	2013	<u>1.000</u>	-0.521	0.065	0.118	0.0495
fotper			<u>1.000</u>	-0.190	-0.302	0.000
flow				<u>1.000</u>	0.101	0.175
cond					<u>1.000</u>	0.728
turb						<u>1.000</u>
temp	2014	<u>1.000</u>	0.278	-0.318	-0.041	-0.267
fotper			<u>1.000</u>	-0.142	-0.586	-0.716
flow				<u>1.000</u>	0.130	0.210
cond					<u>1.000</u>	0.909*
turb						<u>1.000</u>
temp	2015	<u>1.000</u>	0.401	0.173	-0.4831	0.436
fotper			<u>1.000</u>	0.270	-0.630	0.473
flow				<u>1.000</u>	-0.412	0.300
cond					<u>1.000</u>	-0.561
turb						<u>1.000</u>

Tabela 10 (continuação) - Resultados da análise de correlação de Spearman entre os três preditores inicialmente selecionados para incluir nos modelos GLM para a truta no ano de 2013 a 2017. * indica as correções acima de 0,80, para as quais apenas uma das variáveis foi selecionada para as análises subsequentes

		<i>Temperatura</i>	<i>Fotoperíodo</i>	<i>Caudal</i>	<i>Condutividade</i>	<i>Turbidez</i>
temp	<u>2016</u>	<u>1.000</u>	0.528	-0.748	0.492	0.671
fotper			<u>1.000</u>	-0.478	0.0872	0.374
flow				<u>1.000</u>	-0.231	-0.596
cond					<u>1.000</u>	0.273
turb						<u>1.000</u>
temp	<u>2017</u>	<u>1.000</u>	0.384	0.327	-0.102	0.071
fotper			<u>1.000</u>	0.502	-0.614	0.505
flow				<u>1.000</u>	-0.461	0.183
cond					<u>1.000</u>	-0.275
turb						<u>1.000</u>

Os dados utilizados para a construção do modelo para a truta apresentam valores totais horários (intervalos de 1 hora) de sua passagem para montante (Saldo Final) para os meses de maio, junho e julho para cada um dos anos estudados (2013 – 2017). Representando a época migratória da espécie em questão e, de forma a compreender em sua totalidade o padrão de migração da espécie através do dispositivo da PPPEixes do Açude-Ponte de Coimbra, as análises foram realizadas separadamente para cada respectivo ano.

As análises de Modelo Linear Generalizado, com recurso ao método AIC (Akaike's An Information Criterion) levaram em consideração todos as variáveis previamente descritas no capítulo referente à Metodologia – Análise de dados, nomeadamente: Numéricas - Temperatura (temp), Caudal (flow), Fotoperíodo (fotper), Condutividade (cond) e Turbidez (turb) e categóricas - Período do dia (dayp) e Fases da lua (moon), a fim de identificar quais eram as variáveis que influenciavam significativamente as transposições da PPPEixes para cada ano.

3.6.2- Interação de fatores abióticos com a atividade migratória

Levando em consideração que o método de seleção dos modelos estatísticos teve como base o valor do critério AIC, posteriormente serão apresentados tais modelos criados com o respectivo valor do AIC, sendo assim, analisado e discutido somente o melhor modelo.

Diante dos resultados da modelação apresentados e, com a escolha definida do melhor modelo (Tabela 11), podemos observar que a migração para o ano de 2013 parece ser influenciada pelo conjunto de variáveis fotoperíodo, fases da lua, período do dia e condutividade. O modelo explica em sua totalidade 24,41% da variabilidade.

Tabela 11 - Escolha do modelo com maior influência na migração da truta para o ano de 2013, com os respectivos valores do AIC, as variáveis explicativas (preditores) e a percentagem de explicação total do modelo

Poisson	AIC	Preditores	% Explicação total
Nulo	230.16		
Modelo 1	211,8	Saldo ~ fotper	
Modelo 2	204,73	Saldo ~ fotper + moon	
Modelo 3	201,79	Saldo ~ fotper + moon + cond	
Modelo 4	200,22	Saldo ~ fotper + moon + cond +dayp	24,41

Notas: moon: fases da lua; fotper: fotoperíodo; dayp: período do dia; cond: condutividade.

Como forma de identificar a significância de cada preditor selecionado dentro do melhor modelo escolhido, foi-se realizada a *posteriori* uma Análise de Variância - ANOVA.

Como podemos observar na Tabela 12, o aumento do fotoperíodo demonstra um maior efeito no despotelar da migração das trutas. A fase da lua que mais surtiu efeito na migração para 2013 foi Quarto Minguante. Enquanto que, a Noite Fechada se destacou entre as fases do dia, verificando-se que ao amanhecer, foi o período preferencial da truta para este ano.

Tabela 12 -Preditores que constituíram o modelo com maior efeito na migração da truta para o ano de 2013 e respectivos valores de coeficiente de regressão (Coef), Deviance Residual (Dev. Res.), valores de significância para cada variável

Poisson	Coef	Dev. Res.	PR (>Chi)	% Explicação total
Nulo		188,16		
fotper	6,344	167,8	< 0,000	10,82
moon		154,73	<0,001	6,94
moonQM	2,129		<0,001	
cond	0,0251	149,79	<0,01	0,41
dayp		142,22	<0,05	6,64
daypNF	-1,619		<0.1	
% Expl. Tot.				24,41

Notas: moon: fases da lua (QM: quanto minguante); dayp: período do dia; cond: condutividade

Em 2014 diante dos resultados da modelação apresentados e, com a escolha definida do melhor modelo (Tabela 13), podemos observar que a migração parece ser influenciada pelo conjunto de variáveis fases da lua, período do dia, caudal e condutividade. O modelo explica em sua totalidade 10,81% da variabilidade.

Tabela 13 – Escolha do modelo com maior influência na migração da truta para o ano de 2014, com os respectivos valores do AIC, as variáveis explicativas (preditores) e a porcentagem de explicação total do modelo

Poisson	AIC	Preditores	% Explicação total
Nulo	678,37		
Modelo 1	654,29	Saldo ~ moon	
Modelo 2	645,44	Saldo ~ moon + dayp	
Modelo 3	640,52	Saldo ~ moon + dayp + flow	
Modelo 4	637,26	Saldo~moon+dayp+flow+cond	10,81

Notas: moon: fases da lua; dayp: período do dia; flow: caudal; cond: condutividade.

Novamente, como forma de identificar a significância de cada preditor selecionado, foi-se realizada a *posteriori* uma ANOVA.

Como podemos observar na Tabela 14, as fases da lua Lua Nova e Quarto Crescente demonstraram um maior efeito no despotelar da migração das trutas para o ano de 2014. Enquanto que, a Noite Fechada se destacou entre as fases do dia, verificando-se que neste ano, o despotelar na migração se deu preferencialmente nos períodos de menor luminosidade.

O aumento da condutividade e alguma pequena alteração no caudal parecem surtir algum efeito também na migração.

Tabela 14 - Preditores que constituíram o modelo com maior efeito na migração da truta para o ano de 2014 e respectivos valores de coeficiente de regressão (Coef), Deviance Residual (Dev. Res.), valores de significância para cada variável

Poisson	Coef	Dev. Res.	Pr(>Chi)	% Explicação total
Nulo		527,92		
moon		497,83	<,000	5,69
moonLN	-1,482		<,000	
moonQC	-1,466		<,000	
moonQM	-0,917		<0,001	
dayp		482,99	<0,001	2,81
daypNF	-1,062		<0,001	
flow	-0,01	476,06	<0,05	1,31
cond	0,006	473,99	<0,05	0,39
% Expl. Tot.				10,81

Notas: moon: fases da lua (LN: lua nova; QC: quarto crescente; Qm: quanto minguante); dayp: período do dia (NF noite fechada); flow: caudal;

Já em 2015, frente aos resultados da modelação apresentados e, com a escolha definida do melhor modelo (Tabela 15), podemos observar que a migração parece ser influenciada pelo conjunto de variáveis condutividade e período do dia. O modelo explica, em sua totalidade, 11,05% da variabilidade.

Tabela 15 – Escolha do modelo com maior influência na migração da truta para o ano de 2015, com os respectivos valores do AIC, as variáveis explicativas (preditores) e a porcentagem de explicação total do modelo

Poisson	AIC	Preditores	% Explicação total
Nulo	223,32		
Modelo 1	211,98	Saldo ~ cond	
Modelo 2	210,75	Saldo ~ cond + dayp	11,05

Notas: fotper: fotoperíodo; dayp: período do dia; cond: condutividade.

A partir da ANOVA realizada para o modelo estatístico do ano de 2015 podemos observar na Tabela 16, que a condutividade gerou um maior efeito no despoletar da migração das trutas para este ano. Além disto, o período do dia (Noite fechada e Raiar da aurora) embora não tão significativo quanto à condutividade, também demonstrou algum efeito. Tal fator pode ser explicado devido ao fato de este ano em específico, a migração das trutas ter iniciado prematuramente, em Abril.

Tabela 16 - Preditores que constituíram o modelo com maior efeito na migração da truta para o ano de 2015 e respectivos valores de coeficiente de regressão (Coef), Deviance Residual (Dev. Res.), valores de significância para cada variável

Poisson	Coef	Dev. Res.	PR (>Chi)	% Explicação total
Nulo		186,09		
cond	0,056	172,75	<0,00	7,1
dayp		165,52		3,8
daypNF	-1,640		<0,1	
daypRA	0,914		<0,1	
Expl. Tot.				11,05

Notas: dayp: período do dia; cond: condutividade.

Para 2016, diante dos resultados apresentados pelo modelo estatístico com base no AIC, podemos nos aperceber que, as variáveis que melhor explicam o despoletar da migração para este ano foram as fases da lua, fotoperíodo, temperatura, o período do dia e a turbidez.

Tabela 17 - Escolha do modelo com maior influência na migração da truta para o ano de 2016, com os respectivos valores do AIC, as variáveis explicativas (preditores) e a porcentagem de explicação total do modelo

Poisson	AIC	Preditores	% Explicação total
Nulo	772,23		
Modelo 1	661,07	Saldo~ moon	
Modelo 2	551,68	Saldo~ moon+ fotper	
Modelo 3	551,07	Saldo~ moon+ fotper + temp+ dayp	
Modelo 4	496,44	Saldo~ moon+fotper+temp+dayp+turb	47,32

Realizada a ANOVA, podemos nos aperceber de que, novamente, semelhante aos anos de 2013 e 2014, as fases da lua tiveram grande destaque no despoletar da migração da truta. Dentre elas, Lua Nova e Quarto Crescente surtiram maior efeito. O fotoperíodo, semelhante às fases da lua, também demonstrou um grande efeito no despoletar da migração.

A temperatura, pela primeira vez neste estudo, demonstrou efeito na migração. O período do dia que maior teve destaque para este ano foi o raiar da aurora.

Tabela 18 - Preditores que constituíram o modelo com maior efeito na migração da truta para o ano de 2016 e respectivos valores de coeficiente de regressão (Coef), Deviance Residual (Dev. Res.), valores de significância para cada variável

Poisson	Coef	Dev. Res.	PR (>Chi)	% Explicação total
Nulo		620,81		
moon		503,64		18,87
moonLN	1,787		<,000	
moonQC	1,081		<0,01	
fotper	5,075	392,25	<,000	17,94
temp	0,361	353,64	<,000	6,21
dayp		334,70		3,05
daypRA	0,737		<0,05	
daypE	-2,192		<0,05	
turb	-0,006	327,02	<0,05	1,23
Expl. Tot.				47,32

Por fim, em 2017, diante dos resultados apresentados pelo melhor modelo estatístico baseado no AIC, foi possível verificar que as variáveis que melhor explicam o despoletar da migração para este ano foram fotoperíodo e fases da lua, semelhante aos anos anteriores.

Tabela 19 - Escolha do modelo com maior influência na migração da truta para o ano de 2017, com os respectivos valores do AIC, as variáveis explicativas (preditores) e a porcentagem de explicação total do modelo.

Poisson	AIC	Preditores	% Explicação total
Nulo	338,37		
Modelo 1	318,95	Saldo~fotper	
Modelo 2	318,01	Saldo~fotper+moon	10,35

Através da ANOVA, obtivemos o resultado de que para o ano de 2017, o fotoperíodo teve maior influência para o despoletar da migração da truta no Açude-Ponte de Coimbra, seguido das fases da lua (Quarto Crescente).

Tabela 20 – Preditores que constituíram o modelo com maior efeito na migração da truta para o ano de 2017 e respectivos valores de coeficiente de regressão (Coef), Deviance Residual (Dev. Res.), valores de significância para cada variável

Poisson	Coef	Dev. Res.	PR (>Chi)	% Explicação total
Nulo		273,75		
fotper	-1,675	252,33	<0,000	7,82
moon		245,40	<0,1	2,53
moonQC	-1,652		<0,1	
Expl. Tot.				10,35

4. Discussão

Esta dissertação tem como objetivo principal aprofundar o conhecimento sobre o padrão migratório da *Salmo trutta* L. no limite sul da sua distribuição, através da análise dos censos visuais obtidos da PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra durante os anos de 2013 a 2017. Primeiramente, foi contabilizado o total de animais que utilizaram o dispositivo para montante e, quais meses se destacaram para sua época de migração. Na segunda fase do estudo pretendeu-se avaliar se esse comportamento estava condicionado relativamente às suas classes dimensionais e aos fatores abióticos associados. Deste modo, testou-se a hipótese de haver uma possível separação entre as classes dimensionais no que diz respeito aos três principais meses de migração e, se o conjunto de fatores abióticos selecionados influenciavam significativamente a migração da espécie-alvo e a sua transposição da PPPeixes de Coimbra.

4.1 – Época de migração

No que diz respeito à época migratória da truta pode-se dizer que, embora hajam movimentos distribuídos ao longo de todo ano, sua época migratória é facilmente identificável. Foi identificado neste estudo, de modo geral, um pico de utilização do dispositivo por parte da truta nos meses de maio, junho e julho. Mameri *et. al.* (2020), também em Portugal, em seu estudo com 3 espécies previamente selecionadas (barbos, bogas e trutas), através de um dispositivo de elevador para peixes, constatou que a truta utilizou tal dispositivo entre o verão e o início do outono, com seu pico sendo em Abril e Outubro.

Já Benitez *et. al.* (2018), semelhante aos resultados encontrados no presente trabalho, em dois rios localizados na Bélgica (Ourthe e Meuse) descreveu que os meses de maior destaque para os movimentos desta espécie-alvo também foram maio, junho e julho, semelhante na Alemanha (Baer *et. al.*, 2007). Assim como também foi descrito por García-Vasquez *et.al.* (2017), onde, em seu estudo realizado na Espanha, a migração para montante no verão ocorreu desde julho até a primeira metade de setembro, com o pico na segunda metade de julho.

4.2 – Classes dimensionais

Como pudemos observar as classes dimensionais ao longo dos meses preferenciais de migração para montante da truta demonstraram ter uma separação em sua distribuição. Notamos que indivíduos pertencentes a classes dimensionais superiores tendem a utilizarem o dispositivo da PPPeixes primeiro, habitualmente em maio, tanto numa análise anual, quanto se comparado todos os anos.

As classes dimensionais que mais se destacaram no caso do presente estudo foram a de]38-44]cm e a de]32-38] cm. Segundo García-Veja *et. al.*, (2018), em seu estudo realizado em Navarra – Espanha, os resultados demonstraram que os indivíduos com classes dimensionais superiores tendem a migrar primeiro que os de menores dimensões, o que corrobora o presente estudo conforme os resultados obtidos nos anos de 2013 a 2017. Por outro lado, no mesmo estudo delineado por García-Veja *et al.*, foi encontrado que os machos tendem a migrar antes das fêmeas, o que serve de análise em futuros estudos relativamente ao período migratório das trutas ao cruzar os dados tamanho e sexo, visto que, neste presente estudo, apenas o tamanho foi considerado.

No que diz respeito aos meses de junho e julho, ambos foram marcados pelas classes dimensionais inferiores a maio em uma análise geral dos anos do estudo. A classe dimensional que ambos os meses demonstraram como mais significativa foi a classe dimensional de]20-26] cm, seguida da classe dimensional de]26-32] cm. Anteriormente mencionado, o resultado também foi encontrado por Jonsson & Gravem (1985); LeCren (1985); Jonsson & Jonsson (2002), onde, animais inferiores tendem a migrar de forma tardia em relação as trutas de classes dimensionais superiores.

4.3 – Ritmo circadiano da *Salmo trutta* L. na PPPEixes de Coimbra

Os resultados apresentados para as análises efetuadas relativamente ao comportamento migratório da truta, a fim de se perceber o padrão circadiano de seus movimentos, foram obtidos através de uma análise circular horária, para o ciclo diário completo relativamente ao Saldo Final de animais, obtido para os meses preferenciais de utilização da PPPEixes em sua época de migração.

De modo geral, se formos observar os resultados para cada ano separadamente, veremos que o período anterior ao nascer do sol e durante as primeiras horas da manhã foram comuns entre os anos estudados (2013-2017), variando de 4 as 9h da manhã. Resultado também encontrado por Ovidio *et. al.* (2017) em seu estudo, pois afirma que as horas do dia que demonstraram maiores movimentos foram as 7 e a 9 horas da manhã. De modo geral, o dia demonstrou uma maior movimentação, seguido do entardecer.

Entretanto, diferentemente do pico de movimentos ao amanhecer, ao longo dos anos do estudo, o segundo pico (17 – 19h) por parte da truta não se mostrou tão semelhante entre os anos, podendo ser durante o dia, ao final do dia, ou então no período noturno.

A análise para o total dos anos nos mostrou que, embora esse segundo momento de movimentação, quando analisado separadamente por ano, possa ser um pouco menos equilibrado, os resultados globais demonstraram que, para além do período do início da manhã, o período entre as 17 e as 19 h foi também representativo. Segundo Benitez *et. al.*, (2018) no padrão de movimentos da truta demonstrado no estudo realizado no Rio Meuse na Bélgica, os períodos que houve maiores movimentos foram ao entardecer e durante o dia (07h00 – 17h00). Já Mameri D. *et. al.* (2020), em seu estudo em um dispositivo de elevador para peixes no Norte de Portugal (Rio Lima), demonstrou que em termos de distribuição de utilização ao longo do dia, 58,7% dos animais utilizou o dispositivo no período noturno (18h – 06h), enquanto que 41,3% preferiram o período do dia (06h – 18h), resultado corroborado por García-Vega *et.al.* (2017), onde, na Bacia do Douro (Rio Porma) na Espanha, as migrações para montante ocorreram maioritariamente pela manhã, com o pico da migração após o pôr do sol.

4.4 – Fatores abióticos relacionados com a migração da *Salmo trutta* L.

Os fatores abióticos estão intrinsicamente ligados com os movimentos migratórios dos peixes, além de suas próprias alterações fisiológicas. Logo, um dos objetivos do presente trabalho pretende identificar os fatores ambientais que estão relacionados com a migração para montante das trutas e com a sua utilização deste tipo de dispositivo de transposição.

Através das análises estatísticas propostas, dentre todos os fatores abióticos citados anteriormente, não houve um fator que se apresentou significativo em todos os anos. Porém, os fatores abióticos “período do dia” e “fases da lua” estiveram presentes e foram identificados como significativamente preditores dos movimentos das trutas, em 4 dos 5 anos estudados, resultado também encontrado por Slavík *et.al.* (2012) onde, as fases da lua também demonstraram afetar a migração da truta de rio.

De acordo com Baras *et.al.* (1994), Lucas (2000) e Ovidio *et.al.* (2002), em estudos realizado recorrendo a radio-telemetria as trutas demonstram uma maior atividade durante a noite, ao entardecer e durante noite fechada, corroborando com os resultados encontrados no presente estudo, onde, em 2013 o “Raiar da Aurora” se demonstrou mais significativo estatisticamente, diferentemente do encontrado por Jonsson (1991) e Allan (1966) onde, em seus estudos afirmaram que a migração dos salmonídeos, incluindo a truta, seja ela do mar para o rio, ou então, migração dentro do próprio rio mais para montante, ocorre no período noturno, porém, em 2014 o período do dia que obteve maior significância estatística foi a “Noite Fechada”. Já em 2016, a análise estatística demonstrou que o “Entardecer” e o “Raiar da Aurora” foram os períodos do dia associados a um maior número de trutas a utilizar a PPPeixes de Coimbra durante os seus movimentos migratórios.

De acordo com Jonsson (1991), preferências noturnas nos movimentos a montante foram observadas para a maioria das espécies de peixes, particularmente os ciprinídeos (Lucas *et. al.*, 2000; Santos *et. al.*, 2002) e salmonídeos (Aarestrup *et. al.*, 2003), e pode estar relacionado com o objetivo de evitar predadores visuais na hora do dia em que se espera que a sobrevivência seja mais alta (Jonsson, 1991), resultado também concluído por Metcalfe *et. al.* (1999), Railsback *et. al.* (2005), refere que, no seu estudo, a maior proporção de indivíduos foi detectada durante os períodos noturno e crepuscular, provavelmente porque a atividade noturna diminui o risco de predação da caça visual predadora como pássaros e pequenos mamíferos.

Relativamente às fases da lua, comum em todos os anos como fator abiótico significativo para as migrações (exceto 2015), segundo as análises estatísticas, de entre as 4 fases da lua, a fase Quarto Crescente foi observada como significativamente relacionada com um aumento do número de trutas para os anos de 2014, 2016 e 2017. Seguida da fase lunar “Lua Nova” presente em 2014 e 2016 e a fase lunar “Quarto Minguante” presente em 2013 e 2017.

De forma diferente dos resultados encontrados no presente estudo, Jonsson (1991), relatou que a diminuição do fotoperíodo e a temperatura da água, assim como o aumento dos caudais, foram identificadas como variáveis previsíveis no modelo estatístico que explica a migração desta espécie. Segundo este autor, os peixes tendem a utilizar o fotoperíodo como indicador das estações devido à regulação hormonal durante sua maturação. Confirmando este pressuposto García-Vega *et. al.* (2017), também afirma que normalmente a variação do caudal é considerada influenciador da migração para montante e que, o aumento da temperatura e o caudal foram o fator chave para a migração do verão nesta espécie. Crisp (2000) afirma que o momento exato para a desova é determinado pela temperatura, fotoperíodo e a fisiologia do peixe.

De fato, corroborando com os resultados encontrados por Jonsson & Jonsson (2011), segundo Tetzlaff *et.al.* (2005) e Abrahams & Kattenfeld (1997) a dependência do caudal é o principal fator para a migração para montante, seja em grandes rios ou em pequenos. O aumento do caudal irá providenciar uma melhor oportunidade para que os animais possam ultrapassar os vários obstáculos encontrados ao longo dos rios, além de reduzir o risco de predação por consequência da profundidade, força da corrente e o aumento da turbidez, especialmente em pequenos rios, permitindo que as trutas aperfeiçoem seu condicionamento físico (Tetzlaff *et.al.* 2005; Abrahams & Kattenfeld 1997). Como pudemos observar no presente estudo, o caudal não foi um fator importante quando comparado com outros fatores abiótico. Possivelmente, durante o pico de migração da truta ao longo dos anos de estudo, o caudal liberado pelo Açude-Ponte de Coimbra não foi tão diferente e variável.

De modo geral, os modelos de 2013 e 2016 foram aqueles que melhor explicaram as passagens das trutas no dispositivo da PPPeixes do Açude-Ponte de Coimbra. Dentre os fatores abióticos considerados, os que mais influenciaram as passagens da truta, fora o Período do dia (sobretudo o Raiar da Aurora) e as Fases da lua. Porém, é importante salientar que, segundo Clapp *et.al.* (1990), o padrão de movimentos para montante diários da truta-de-rio difere entre as populações e relativamente às condições ambientais (variação de luz, abundância de alimentos, presença de predadores ou temperatura).

4.5 – Gestão e conservação das populações de truta

Como exemplo de um recurso natural, a truta, nas massas de água Portuguesas, possui um grande interesse, seja pela sua carne, pela sua beleza, pesca desportiva e fatores económicos associados. É também uma espécie que depende de um habitat ideal para sua sobrevivência, com águas limpas, oxigenadas e correntes. Porém, fatores como pressão de pesca, alterações climáticas e a degradação da qualidade da água, podem vir a deixar a espécie em risco. Em Portugal, a truta (*Salmo trutta* L.) apresenta dois ecótipos, nomeadamente a truta-de-rio (*i.e. residente*), com um estatuto de conservação (LC) *Pouco Preocupante*, e a truta-marisca (*i.e. anádromo*), com um estatuto de conservação (CR) *Criticamente em Perigo* (Cabral *et. al.*, 2005).

Segundo Elliot (1994) para existência da truta-de-rio, a temperatura e oxigênio normalmente estão relacionados com a fisiologia dos peixes. Além disso, com a velocidade com que as alterações climáticas têm ocorrido, tais fatores têm sofrido alterações em larga escala. A disponibilidade de comida é recondicionada pelas estruturas físicas e químicas do habitat e a produtividade natural. Entretanto, o habitat necessário para todo o ciclo de vida, incluindo a manutenção das suas rotas de migração, pode ser gerido com vista à proteção, conservação e promoção dos efetivos populacionais destas espécies. De entre todos os pré-requisitos descritos, a qualidade e quantidade de habitat e as respetivas rotas de migração, são os fatores de suma importância para a sobrevivência das trutas, porém, foram amplamente alterados na maior parte da Eurásia.

Trabalhos desenvolvidos como o presente estudo são de suma importância para a conservação da espécie. De forma prática e aplicada, através de um conhecimento aprofundado sobre os períodos do ano em que se concentram as migrações da truta, medidas de proteção, seja em escala espacial ou temporal, podem ser estabelecidas a nível do impedimento da realização de ações antropogênicas em locais de importância para a espécie durante os picos de migração (maio-julho). Somatizado a isto, quando o estudo é voltado para o padrão de uma espécie específica, como é o caso deste, o conhecimento dos

fatores abióticos que o influenciam em sua migração, são peça de um planejamento direcionado na conservação. Por exemplo, a fase da lua em que há uma maior movimentação de indivíduos, ou então o período do dia, fato também observado por Almeida *et.al.* (2000); Santos *et.al.*, (2005).

As causas mais frequentes de falha na transposição da fauna piscícola incluem falta de condições de atração, entrada da PPPeixes localizada em local inadequado, uma manutenção incorreta ou a falta dela, condições hidráulicas (padrões de fluxo, velocidades, níveis de turbulência e aeração) na passagem para peixes não adaptada às espécies-alvo, ou seja, fator como as condições de atração para a espécie devem ser garantidas, sobretudo neste período de maior movimentação. Além disto, medidas como o ordenamento do território em todo entorno da bacia, a manutenção das áreas de desova, bem como, a manutenção ds qualidade da água são de extrema importância. Deste modo, passagens para peixes semelhantes a do presente trabalho, em locais a montante nas bacias, onde a truta é predominante, devem ser mantidas a funcionar perfeitamente nestes períodos específicos, sobre pena de perder a hipótese de permitir a passagem da maioria das trutas.

5- Referências Bibliográficas

- Aarestrup, K. & Jepsen, N., 1998. Spawning migration of sea trout (*Salmo trutta* L.) in a Danish river. *Hydrobiologia*, (371/372), 275–281.
- Aarestrup, K., Lucas, M. C., & Hansen, J. A., 2003. Efficiency of a nature-like bypass channel for sea trout (*Salmo trutta*) ascending a small Danish stream studied by PIT telemetry. *Ecology of freshwater fish*, 12(3), 160-168.
- Aarestrup, K., Jepsen, N., & Thorstad, E. B. (2018). Brown trout on the movemigration ecology and methodology. *Brown trout: biology ecology and management*. β, 401-444.
- Abrahams, M. & Kattenfeld, M., 1997. The role of turbidity as a constraint on predator-prey interactions in aquatic environments. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 40(3), 169– 174.
- Abreu Novais, D. S. P., 2012. Biologia, ecologia e pesca desportiva da truta, *Salmo trutta* morpha fario L., no rio Vez.
- Allan, I.R.H., 1996. Counting fences for salmon and sea trout, and what can be learned from them. *Salmon and Trout Magazine*, 176, 19-26.
- Alexandre CM., 2014. Ecological impact of streamflow variability in the bio-ecology of freshwater fishes from permanent and temporary Mediterranean river systems. *Tese de Doutorado, Universidade de Évora*.
- Anonymous, 1994. Report of the study group of anadromous trout. *International Council for Exploration of the Sea. C.M. 1994/M:4*.
- Belica, L., 2007. Brown Trout (*Salmo trutta*): A Technical Conservation Assessment. *USDA Forest Service, Rocky Mountain Region, Species Conservation Project*.
- Benitez, J. P., Dierckx, A., Matondo, B. N., Rollin, X., & Ovidio, M. (2018). Movement behaviours of potamodromous fish within a large anthropised river after the reestablishment of the longitudinal connectivity. *Fisheries Research*, 207, 140-149.
- Bohlin, T., Pettersson, J. & Degerman, E. 2001. Population density of migratory and resident brown trout (*Salmo trutta*) in relation to altitude: evidence for a migration cost. *Journal of Animal Ecology* 70: 112– 121.

- Bunt, C. M., Castro-Santos, T., & Haro, A., 2012. Performance of fish passage structures at upstream barriers to migration. *River Research and Applications*, 28(4), 457-478.
- Campbell, J.S. 1977. Spawning characteristics of brown trout and sea trout *Salmo trutta* L. in Kirk Burn, River Tweed, Scotland. *Journal of Fish Biology* 11:217-229.
- Casalinuovo, M. A., Alonso, M. F., Macchi, P. J., & Kuroda, J. A., 2018. Brown trout in Argentina: history, interactions, and perspectives. *Brown trout: biology, ecology, and management*, 599-622.
- Christensen, O. *et al.*, 1993. Review of the Danish stocks of sea trout (*Salmo trutta*). *International Council for the Exploration of the Sea C.M. 1993/M:22*, 1–15.
- Crisp, D.T., 2000. Trout and salmon. Ecology, conservation and rehabilitation. *Blackwell Science, London*.
- Cortes, Rui & , Vitor., 2019. Requalificação dos ecossistemas aquáticos: único modo de caminhar para a inversão da degradação dos recursos hídricos e cumprir a directiva quadro da água;
- Dębowski, Piotr, 2018. The largest Baltic population of sea trout (*Salmo trutta* L.): Its decline, restoration attempts, and current status. *Archives of Polish Fisheries*. 26. 81. 10.2478/aopf-2018-0010.
- Eldøy, S.H., Davidsen, J.G., Thorstad, E.B., Whoriskey, F., *et al.*, 2015. Marine migration and habitat use of anadromous brown trout *Salmo trutta*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*,72: 1366–1378.
- Elliot, J.M. (1994). Quantitative ecology and the brown trout. Oxford Series in Ecology and Evolution. *Oxford University Press, Oxford*, 304 pp.
- Eloranta, A. (1993). Recreational fishing in the Simunankoski rapids (Laukaa)in 1910-1990. *Suomen Kalatalous*, 59, 109-114. (In Finnish with an English abstract).
- FAO/SVWK (2002) Fish Passes – Design, Dimensions and Monitoring. *FAO, Rome*, 118p.
- Ferguson, A., Reed, T. E., Cross, T. F., McGinnity, P., & Prodöhl, P. A. (2019). Anadromy, potamodromy and residency in brown trout *Salmo trutta*: the role of genes and the environment. *Journal of fish biology*, 95(3), 692-718.
- FEIO, Maria João; Teixeira, Zara. Alterações globais dos rios: pressões antropogénicas e alterações climáticas. presented at the 2019. Coimbra, 2019.

- Fraser, N. H., Metcalfe, N. B., Heggenes, J., & Thorpe, J. E. (1995). Low summer temperatures cause juvenile Atlantic salmon to become nocturnal. *Canadian Journal of Zoology*, 73(3), 446-451.
- García-Vega, A., Sanz-Ronda, F. J., & Fuentes-Pérez, J. F., 2017. Seasonal and daily upstream movements of brown trout *Salmo trutta* in an Iberian regulated river. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems*, (418), 9.
- García-Vega, A., Sanz-Ronda, F. J., Celestino, L. F., Makrakis, S., & Leunda, P. M., 2018. Potamodromous brown trout movements in the north of the Iberian Peninsula: modelling past, present and future based on continuous fishway monitoring. *Science of the Total Environment*, 640, 1521-1536.
- Geraldes, A. M. 1999. PEIXES DE ÁGUA DOCE. 9th ed. Mirandela: João Azevedo, pp.7-63.
- Heggenes, J., Krog, O. M. W., Lindås, O. R., & Dokk, J. G., 1993. Homeostatic behavioural responses in a changing environment: brown trout (*Salmo trutta*) become nocturnal during winter. *Journal of animal ecology*, 295-308.
- Hellawell, J.M., Leatham, H. & Williams, G.I., 1974. The upstream migratory behaviour of salmonids in the River Frome, Dorset. *Journal of Fish Biology*, 6(6), 729–744.
- Huusko, A., Vainikka, A., Syrjänen, J. T., Orell, P., Louhi, P., & Vehanen, T. (2018). Life-history of the adfluvial brown trout (*Salmo trutta* L.) in eastern Fennoscandia. *Brown trout: Biology, ecology and management*, 267-295.
- Hurme, S. (1965). Päijänne lohivetenä (Lake Päijänne as a lake for salmonids). *Erämies*, 11/1965, 1-16 (In Finnish).
- Instituto Português do Mar e Atmosfera, 2015. *Balaço Meteorológico, Hidrológico e das Principais utilizações*. Ano Hidrológico 2014/2015.
- Järvi, T.H. ,1936. Yhtä ja Huopanan ja Keiteleen järvilohista (Observations about salmonids in the River Huopana and Lake Keitele). *Suomen Kalastuslehti*, 43, 200-206.
- Javierre, P. C., Vieira-Lanero, R., & Gradín, F. C., 2017. Sea trout (*Salmo trutta*) in Galicia (NW Spain). *Brown trout: Biology, ecology and management*, 445.
- Jensen, K. W. 1968. Sea trout (*Salmo trutta* L.) of the river Istra, western Norway. *Report of Institute of Freshwater Research Drottningholm* 48: 187-213.

- Johansen, A. & Løfting, J., 1919. On the fish population and the fishery in the lower Gudena and Randers Fjord. C.A. Reitzel, Copenhagen.
- Jonsson, B. & Gravem, F.R. 1985. Use of space and food by resident and migration brown trout, *Salmo trutta*. *Environmental Biology of Fishes* 14:281-293.
- Jonsson, N., 1991. Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. *Nordic Journal of Freshwater Research*, 66, 20-35.
- Jonsson, N & Jonsson, B. 2002. Migration of anadromous brown trout in a Norwegian river. *Freshwater Biology* 47: 1-11.
- Jonsson, B., & Jonsson, N. 2011. *Ecology of Atlantic Salmon and Brown Trout – Habitat as a template for life histories*. D.L.G. Noakes (Ed.) Springer, New York.
- Jonsson, B., & Jonsson, N. 2015. Sexual size dimorphism in anadromous brown trout *Salmo trutta*. *Journal of Fish Biology* 87, 187-193.
- Jonsson, B., & Jonsson, N., 2017. Habitat as Template for Life-Histories. *Brown trout: Biology, ecology and management*, 229.
- Kemp, S. J., & Spotila, J. R., July 01, 1997. Effects of Urbanization on Brown Trout *Salmo trutta*, Other Fishes and Macroinvertebrates in Valley Creek, Valley Forge, Pennsylvania. *American Midland Naturalist*, 138, 1, 55.
- Klemetsen, A., Amundsen, P., Dempson, J., Jonsson, B., O'Connell, M. and Mortensen, E., 2003. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. *Ecology of freshwater fish*, [online] (Volume 12), pp.1-59;
- L'Abée-Lund, J. H., & Vøllestad, L. A., 2017. Life-history Plasticity in Anadromous Brown Trout: A Norwegian Perspective. *Brown Trout: Biology, Ecology and Management*, 251.
- LeCren. E.D. 1985. Biology of the sea trout: Symposium summary. *Atlantic Salmon Trust, UK*.
- Lord, D. and Mannering, F., 2010. The Statistical Analysis of Crash-Frequency Data: A Review and Assessment of Methodological Alternatives.
- LOPES, E. R. N.; SANTOS, A. M.. Turismo e recursos naturais: o lugar das unidades de conservação no ecoturismo. *Nature and Conservation, Aquidabã, v.7, n.1, p.48-60, 2014*.
- Lucas, M.C. & Baras, E. 2000. Methods for studying the spatial behaviour of freshwater fishes in the natural environment. *Fish and Fisheries* 1:283-316.

- Mameri, D., Rivaes, R., Oliveira, J. M., Pádua, J., Ferreira, M. T., & Santos, J. M., 2020. Passability of Potamodromous Species through a Fish Lift at a Large Hydropower Plant (Touvedo, Portugal). *Sustainability*, 12(1), 172.
- Ministério do ambiente, do ordenamento do território e do desenvolvimento regional, 2005. *Relatório síntese sobre a caracterização das regiões hidrográficas prevista na directiva-quadro da água*.
- Oliveira, I., 2018. Impacto da regularização de caudal para fins hidroelétricos no ciclo de vida de uma espécie potamódroma. *Tese de Mestrado em Ecologia e Gestão Ambiental. Universidade de Lisboa*.
- Pereira E. 2014. Avaliação da eficiência da passagem para peixes do Açude-Ponte de Coimbra para espécies migradoras. *Tese de Mestrado, Universidade de Évora*.
- Piccolo, J. J., Unfer, G., & Lobón-Cerviá, J. (2017). Why conserve native brown trout. *Brown trout: Biology, ecology and management*, 808, pp.
- PINHEIRO, António Cipriano A. 2014. Gestão sustentável de recursos naturais: interesses privados e públicos. In PAULINO, Vicente (org.), Timor-Leste nos estudos interdisciplinares. *Díli: UPDC-PPGP, UNTL*, pp.103-114.
- Porcher, J.P, & F. Travade (2002). Fishways: biological basis, limits and legal considerations. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 364: 9-20.
- Quinn, T. P., McGinnity, P., & Reed, T. E. (2016). The paradox of “premature migration” by adult anadromous salmonid fishes: patterns and hypotheses. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 73(7), 1015-1030.
- Quintella B, Almeida PR, Alexandre CM, Costa JL, Mateus C, Lopes J, Cardoso G, Belo AF, Neve T, Branca R, Rato A, Monteiro R. 2014. *Relatório Final “Ecoflow – Efeitos ecológicos dos caudais nas comunidades piscícolas dos rios portugueses”*. 119pp.
- Rasmussen, G. H., & Pedersen, S. (2018). Sea trout (*Salmo trutta* L.) in Denmark. *Brown trout: Biology, ecology and management*, 483-521.
- Reviewed distribution maps for *Salmo trutta* (Sea trout), with modelled year 2100 native range map based on IPCC A2 emissions scenario. www.aquamaps.org,
- Sánchez-Vázquez, F. J., & Tabata, M. (1998). Circadian rhythms of demand-feeding and locomotor activity in rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, 52(2), 255-267.

- Santos, J. M., Ferreira, M. T., Godinho, F. N., & Bochechas, J., 2002. Performance of fish lift recently built at the Touvedo Dam on the Lima River, Portugal. *Journal of Applied Ichthyology*, 18(2), 118-123.
- Saraniemi, M., Huusko, A. & Tahkola, H., 2008. Spawning migration and habitat use of adfluvial brown trout, *Salmo trutta*, in a strongly seasonal boreal river. *Boreal Environmental Research*, 13, 121-132.
- Schmutz S, Bakken TH, Friedrich T, Greimel F, Harby A, Jungwrth M, Melcher A, Unfer G, Zeiringer B. 2014. Responde of fish communities to hydrological and morphological alterations in hyropeaking rivers of Austria. *River Research and Applications*. DOI: 10.1002/rra.2795.
- Slavík, O. et al., 2012. Brown trout spawning migration in fragmented central European headwaters: effect of isolation by artificial obstacles and the moon phase. *Transactions of the American Fisheries Society*, 141(3), 673–680.
- Smith, I. P., Metcalfe, N. B., Huntingford, F. A., & Kadri, S., 1993. Daily and seasonal patterns in the feeding behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a sea cage. *Aquaculture*, 117(1-2), 165-178.
- Tetzlaff, D. et al., 2005. Variability in stream discharge and temperature: a preliminary assessment of the implications for juvenile and spawning Atlantic salmon. *Hydrology and Earth System Sciences*, 9, 193–208.
- Unfer, G., & Pinter, K., 2018. Fisheries management of stream-resident brown trout populations– possibilities and restrictions. *Brown Trout: Biology, Ecology and Management*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 649-665.
- Winkelmann, R., 2008. Econometric Analysis of Count Data, (Fifth edition). ISBN: 978-3-540-77648-2.
- Závorka, L., Aldvén, D., Näslund, J., Höjesjö, J., & Johnsson, J. I., 2016. Inactive trout come out at night: behavioral variation, circadian activity, and fitness in the wild. *Ecology*, 97(9), 2223-2231.

ANEXO I - Planta da passagem para peixes no Açude-Ponte Coimbra



Fonte: Agência Portuguesa do Ambiente (APA)